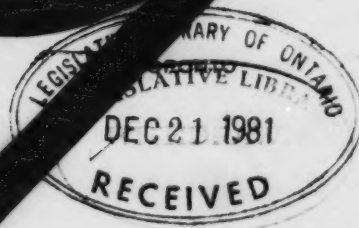
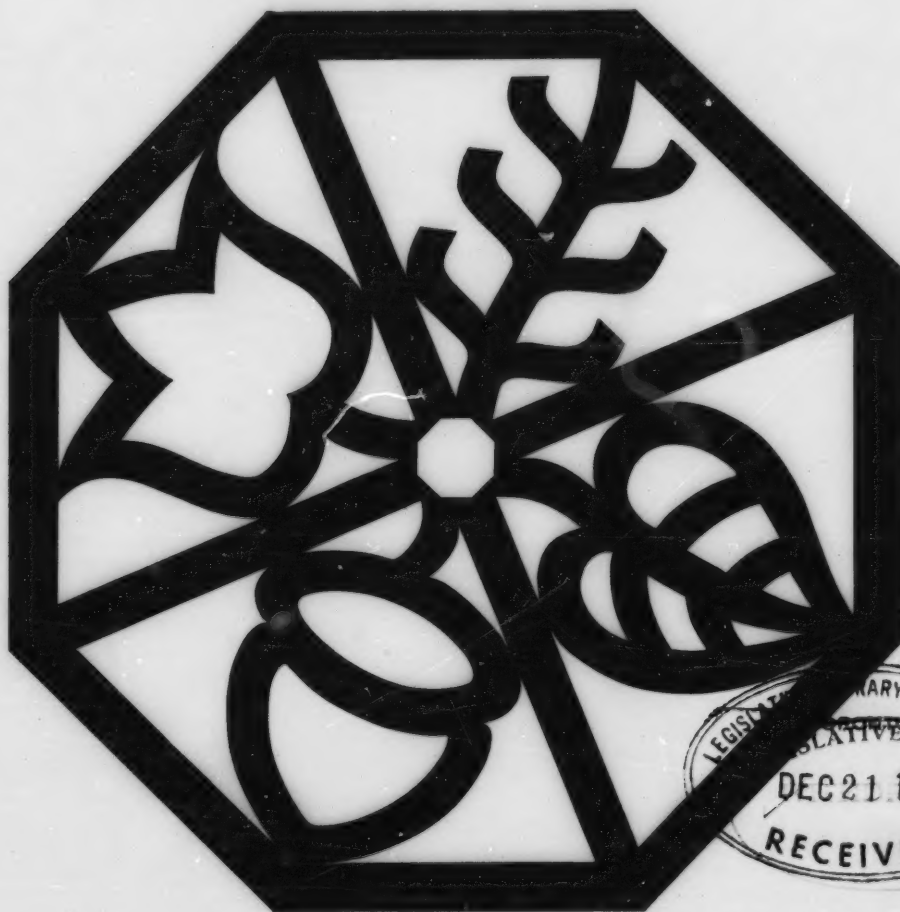




Les Florales internationales de Montréal
COLLOQUES SCIENTIFIQUES

n° 15

Perspectives de l'horticulture arbres fruitiers et petits fruits



Collection Études et dossiers de la Documentation québécoise



Gouvernement du Québec
Ministère de l'Agriculture
des Pêcheries et de l'Alimentation



Les Florales internationales de Montréal

COLLOQUES SCIENTIFIQUES

N° 15

Perspectives de l'horticulture
arbres fruitiers et petits fruits



102-00788/

Les Florales internationales de Montréal

COLLOQUES SCIENTIFIQUES

N° 15

Perspectives de l'horticulture
arbres fruitiers et petits fruits



Collection Études et dossiers
de la Documentation québécoise



Gouvernement du Québec
Ministère de l'Agriculture,
des Pêcheries et de l'Alimentation

Édition réalisée
à la Direction de l'édition
Direction générale des
publications gouvernementales,
ministère des Communications,
par Eugénie Lévesque.

Version française:
Direction de la traduction
Ministère des Communications

Traduction:
Pierre Larochelle

Révision:
Marie Pelletier

Version anglaise:
Agriculture Canada

Conception graphique:
Jacques Pellerin

Graphisme:
Michèle Clavel
Gilles Bélanger
André Barthe
Gilles Laplante

Dactylographie:
Sylvie Hébert

Correction typographique:
Gertrude Roy
Renée Paré

* Gouvernement du Québec
Tous droits réservés sans l'autorisation
écrite de la Direction générale des
publications gouvernementales.

Dépôt légal — 4^e trimestre 1981
Bibliothèque nationale du Québec
ISBN 2-551-04372-7

**Colloque international
tenu à Montréal
le 21 août 1980**

**sous le haut patronage de
Monsieur Jean Garon
ministre de l'Agriculture,
des Pêcheries et de l'Alimentation**

**de Monsieur André Boily
commissaire général des Floralties**

**sous la direction de
Monsieur Pierre Bourque**

et de Madame Agnès Ratelle, agronome



Collaboration

Les Floralties 1980

Le ministère de l'Agriculture, des Pêcheries
et de l'Alimentation du Québec

La Station de recherche de Saint-Jean, Agriculture Canada

La Fédération des pomiculteurs du Québec

L'Association des producteurs de serre du Québec

Le Jardin botanique de la Ville de Montréal

La Société d'animation du Jardin et de l'Institut botaniques

Contribution financière:

Ministère de l'Agriculture, des Pêcheries
et de l'Alimentation du Québec

Centre horticole Jean-Guy Charbonneau Inc., Saint-Rémi

Chanteclerc, Cidrobec et Dumont, Rougemont

Chipman Co. Ltd., Longueuil

Compagnie CIL-Division des plastiques

Coopérative des pomiculteurs de Farnham, Farnham

Coopérative fédérée de Québec, Montréal

Lassonde et Fils, Rougemont

Lubec, Inc., Saint-Antoine-Abbé

Niagara Chemicals (FMC), Longueuil

Pépinière Dominique Savio, Saint-Jean-Baptiste-de-Rouville

Pépinière Hertel Gagnon, Compton

Pépinière Piere Noreau, Oka

Pépinière Romont, Rougemont

Serres Harnois et Irrigation Saint-Thomas Inc. (Les), Saint-Thomas

Collaborateurs:

Raymond Granger, Rodolphe Paradis

Jean-Jacques Jasmin, Gilles Rousselle

Note de l'éditeur

**Les conférences sont publiées dans
la langue utilisée par les conférenciers.**

**Une version française accompagne le texte
des conférenciers non francophones.**

Préface

Dès le tout début, l'aspect scientifique des Florales internationales 1980 a compté pour beaucoup dans la détermination du Gouvernement du Québec de tenir cet événement en sol québécois.

Les Florales internationales nous sont en effet apparues comme un formidable tremplin de promotion de l'horticulture ornementale auprès de la population, et en outre, surtout le moyen de hausser le niveau d'expertise de nos professionnels en les mettant en contact avec les plus grands spécialistes du monde entier.

Tant par leur nombre et leur qualité que par leur diversité, les vingt colloques scientifiques tenus dans le cadre des Florales internationales 1980 ont constitué un précédent dans l'histoire de ces grandes expositions florales. L'importance des Florales peut se mesurer par l'ampleur des investissements réalisés, le nombre de pays participants, la magnificence des exhibits floraux et la foule de visiteurs qui sont venus les admirer. Dans une perspective à long terme toutefois, les retombées les plus durables de cet événement se situeront au niveau des idées nouvelles, des technologies améliorées, des produits inédits qui jailliront des échanges entre nos professionnels et les quelque deux cents chercheurs et experts qui sont venus nous visiter pendant la durée des Florales.

L'organisation de ces colloques a nécessité beaucoup d'efforts de la part des responsables horticoles des Florales. Je tiens ici à souligner plus particulièrement le travail de l'horticulteur en chef de la ville de Montréal, monsieur Pierre Bourque, qui a été le grand animateur de ces rencontres scientifiques.

Quant à la participation du ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation, elle s'est concrétisée par l'affectation des sommes nécessaires à la tenue des colloques et à la diffusion de leur contenu scientifique. Malgré un budget que nous avons voulu le plus rigoureux possible, nous n'avons jamais accepté que soient diminuées ou affectées à d'autres fins ces sommes que nous avons prévues pour ces colloques et leur diffusion.

La présente publication vient assurer la permanence et l'accessibilité d'un véritable trésor d'expériences et de connaissances horticoles. Dans la mesure où nos professionnels et même nos amateurs "passionnés" sauront s'en servir, il n'y a pas de doute dans mon esprit que l'horticulture québécoise pourra économiser énormément de temps et d'efforts dans sa progression vers les plus hauts niveaux de compétence à l'échelle nord américaine et aussi, pourquoi pas, à l'échelle mondiale.

Le ministre de l'Agriculture
des Pêcheries et de l'Alimentation

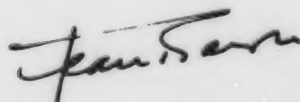


Table des matières

9	Préface
11	Table des matières
13	Avant-propos
15	Perspectives de l'horticulture nord américaine par Raymond L. Granger
21	Prospects for North American Horticulture by Raymond L. Granger
27	Conduite du pommier en formes plates, axe vertical et palmette, selon le type de fructification des cultivars. Expérience sur d'autres espèces: prunier, pêcher, poirier, cerisier par Jean Marie Lespinasse
103	Apple Tree Management in Flat, Vertical-Axis and Palmette Forms, by Cultivar Fruiting Type. Experiments with other Species: Plum, Peach, Pear, Cherry by Jean Marie Lespinasse
131	Spacing and Training of Slender-Spindle Type Trees by Samuel Johannes Wertheim
169	Espacement et conduite d'arbres fruitiers en fuseau allongé par Samuel Johannes Wertheim
185	Soil Management in the Modern Fruit Orchard by Robert A. Cline
197	Aménagement du sol dans les vergers modernes par Robert A. Cline
211	Conduite des vergers à forte densité au Québec par Raymond L. Granger
253	Management of High-Density Orchards in Québec by Raymond L. Granger

- 283 Production commerciale de plants fraisiers issus de
culture de méristèmes et de micropropagation
par Philippe Boxus
- 323 Commercial Production of Strawberry Plants Produced
by Meristem Culture and Micropropagation
by Philippe Boxus
- 349 Lutte rationnelle contre les ravageurs de pommiers
au Québec
par Rodolphe Omer Paradis
- 399 Pest Management Approach in Québec Apple Orchards
by Rodolphe Omer Paradis
- 433 A Brief Overview of Blueberry Culture in North America
by James R. Ballington
- 449 La culture du bleuétier en Amérique du Nord
par James R. Ballington
- 467 The Contribution of Genetics to Modern Fruit Culture
by Jules Janick
- 477 La génétique et l'arboriculture fruitière
par Jules Janick
- 489 Some World Horticultural Interest Spot
by Norman F. Childers
- 499 Voyages horticoles à travers le monde
par Norman F. Childers
- 509 Appendice 1
La propagation des pommiers Ottawa-3 et Malling 9
par la culture de tissus
par Elisabeth Strahlheim et Marcel C. illoux
- 531 Adresses
- 532 Liste des publications
de la série Colloques scientifiques

Avant-propos

Montréal et le Québec tout entier ont été en 1980 les hôtes des premières grandes Floralties internationales à être tenues en terre d'Amérique. Cet événement a connu un succès exceptionnel et a laissé une marque indélébile au coeur et à l'esprit de millions de visiteurs.

Les thèmes novateurs qui ont caractérisé nos Floralties ont été nombreux et variés; mentionnons, à titre d'exemple, la participation officielle de 23 pays, représentant les grandes traditions horticoles mondiales, l'importance attachée à l'utilisation judicieuse de nos plantes indigènes et enfin l'empreinte de notre jeune école d'architecture du paysage.

La tenue parallèle de 20 colloques spécialisés sur les sciences et disciplines reliées à la biologie végétale et à l'horticulture ont apporté aussi un élément nouveau réunissant pour la première fois plus de 300 personnalités scientifiques de renommée mondiale.

Ces colloques ont été réalisés grâce à la collaboration intime du ministère de l'Agriculture, de l'Alimentation et des Pêcheries du Québec et du Jardin botanique de la Ville de Montréal. D'autre part, l'organisation matérielle de ces colloques n'aurait été possible sans la participation et le dévouement de la plupart des universités et sociétés horticoles du Québec et du Canada. Un hommage particulier revient à Mlle Agnès Ratelle, agronome, et cheville ouvrière de ce travail colossal.

Ainsi donc, en plus du parc floral permanent, les Floralties internationales, par la publication en français et en anglais du bilan le plus exhaustif actuel sur l'horticulture au seuil des années 80, auront laissé un héritage technique et scientifique de première valeur.

Que tous ceux qui ont été de près ou de loin impliqués dans la réalisation de ces colloques en soient vivement remerciés.

Pierre Bourque
Directeur technique des Floralties

Perspectives de l'horticulture nord américaine

Raymond L. Granger

Station de recherches
Agriculture Canada
Saint-Jean, Québec
Canada



Allocution d'ouverture

En Amérique du Nord l'horticulture semble devoir se caractériser par des tendances multiples. Elle s'oriente vers l'économie de l'énergie, vers la protection de l'environnement, vers l'utilisation de l'ordinateur et d'une machinerie plus efficace au service d'horticulteurs plus nombreux et avides d'information technique.

Face à la crise d'énergie qui commence à se faire sentir un peu partout dans le monde, les habitants de ce continent sont de plus en plus conscients qu'un mouvement irréversible de conservation de l'énergie vient de s'amorcer. Ainsi les horticulteurs songent à utiliser au maximum l'énergie du soleil et celle du vent pour chauffer, éclairer ou ventiler les serres. Ils pensent également à récupérer les gaz, l'alcool ou même la chaleur émise par le compost qu'ils produisent en abondance. Ce sous-produit de leur industrie auquel on n'attachait jadis que très peu d'importance s'avère une source non négligeable d'énergie sous plusieurs formes. On trouve maintenant au sein des facultés de nos universités des départements consacrés à l'étude de la conservation de l'énergie. A titre d'exemple, l'université McGill de Montréal comme tant d'autres sur ce continent a fondé depuis quelques années un département de ressources renouvelables. Enfin, plusieurs entrepositaires de fruits ou de légumes ont déjà pris les moyens pour récupérer la chaleur libérée par les compresseurs qui produisent le froid dans les entrepôts.

L'horticulteur d'aujourd'hui est sensibilisé aux problèmes de la pollution de l'environnement et il tend lui aussi à préserver le milieu dans lequel il vit. Il essaie de plus en plus de se servir des pesticides, des fertilisants de plusieurs autres produits chimiques de façon judicieuse. Ainsi grâce à l'utilisation de phéromones le pomiculteur peut de nos jours suivre un programme de dépistage des insectes et n'utiliser qu'un minimum de traitements insecticides. En maintes occasions il sait également se faire aider par les prédateurs naturels qui évoluent autour de lui. Il peut même aller jusqu'à stériliser les mâles d'une espèce

d'insectes pour la réduire à néant dans une zone déterminée comme cela s'est fait récemment en Colombie-Britannique. Presque toutes les stations de recherches, les universités et même les centres de recherches des compagnies privées ont embauché des chimistes chargés de l'analyse des résidus de pesticides ou de quelconque polluant utilisé en horticulture. Le consommateur sans cesse en quête d'aliments dits "naturels" dicte aussi jusqu'à un certain point la conduite de l'horticulteur. Sans le faire encore opter entièrement pour "l'horticulture organique" du moins à l'échelle commerciale cette clientèle exerce une influence bénéfique en ce qu'elle force l'horticulteur à réévaluer sans cesse ses critères de "qualité" à l'endroit des aliments qu'il produit. Une science relativement nouvelle comme la génétique vient ici jouer un rôle très important. Nous sommes maintenant en mesure d'espérer pouvoir produire dans un avenir assez rapproché des fruits, des légumes et même des plantes ornementales résistant aux insectes et aux organismes nocifs. C'est ainsi qu'on a maintenant découvert 9 cultivars de pommiers résistant à la tavelure et que 4 variétés synthétiques de maïs à grains offrent une forte résistance à la pyrale et à d'autres organismes pathogènes. Nous entrevoyons déjà le jour où il ne sera plus nécessaire d'appliquer de polluants chimiques sur le maïs pour en réprimer les insectes et les maladies.

L'ordinateur qui est omniprésent dans notre société actuelle devient un outil de plus en plus prisé des producteurs horticoles. En plus d'être un auxiliaire important aux travaux de recherches en horticulture l'ordinateur préside à presque toutes les phases de la production depuis le semis jusqu'à la mise en marché des produits.

Même s'il est conscient qu'il doive économiser l'énergie, l'horticulteur moderne sent le besoin d'avoir recours à une machinerie puissante et hautement spécialisée car dans la conjoncture actuelle la machine la moins rentable est encore la machine humaine. Voilà pourquoi les durs travaux horticoles deviennent de plus en plus mécanisés. S'il est vrai que les gens d'ici ont de plus en plus tendance à s'acheter de petites voitures les fermiers bien au contraire n'ont pas semblé encore avoir opté pour de

la machinerie moins puissante.

Ce siècle a vu naître toute une nouvelle génération d'horticulteurs professionnels et amateurs. La réduction du nombre d'heures ouvrables par semaine a poussé une quantité considérable de gens à opter pour l'horticulture comme loisir. Certains d'entre-eux y ont pris goût et sont devenus horticulteurs à plein temps, les autres continuent à perfectionner leur art en dilettantes. Quant à ceux qui sont nés horticulteurs professionnels, à la fois stimulés par la soif de savoir des nouveaux venus dans leur sphère d'activité et par les impératifs d'une science en évolution constante qu'est l'horticulture, ils sont eux aussi avides de se renseigner dans ce domaine. Grâce aux Floralties Internationales de 1980 ils seront désormais un peu plus en mesure de produire de façon plus rentable des fruits, des légumes ou des plantes ornementales en volume et en qualité pour le mieux être d'un plus grand nombre d'humains.



Prospects for North American Horticulture

Raymond L. Granger

**Research Station
Agriculture Canada
Saint-Jean, Québec
Canada**



Opening Proceeding

Horticulture in North America appears to be characterized by a number of tendencies. It is oriented towards energy economy, protection of the environment, computerization and more efficient machinery in the service of a growing number of horticulturists eager for technical information.

Faced with the energy crisis now being felt almost around the world, the people of the continent are increasingly aware that an irreversible movement towards energy conservation is now underway. As a result, horticulturists have become interested in making maximum use of solar and wind energy for heating, lighting or cooling their greenhouses. They are also concerned with recovering the gases, alcohol and even heat given off by the compost which they produce in large quantities. This by-product of their industry, to which little importance was attached in the past, represents a substantial source of energy in a number of forms. Within our university faculties, we now find departments devoted to the study of energy conservation. For example, Montréal's McGill University, like many others on this continent, established a Department of Renewable Resources a number of years ago. Finally, certain fruit and vegetable warehouse operators have already taken steps to recover the heat given off by the compressors required to cool these storage facilities.

Today's horticulturists is aware of the problems of environmental pollution and is concerned with preserving the environment in which he lives. He is trying increasingly to use pesticides, fertilizers and other chemical products wisely. For instance, through the use of pheromones, apple growers today can carry out insect monitoring programs and thus hold the use of insecticides to a minimum. In many instances they are able to make use of natural predators evolving around them. They may even sterilize the males of a given species of insects and thus eliminate it within a given area, as has been done recently in British Columbia. Almost all our experimental stations, universities and even

the research centres of private companies employ chemists to analyse the residues of pesticides and other pollutants used in horticulture. The consumer, constantly seeking so-called "natural" foods, also dictates the horticulturist's behaviour to a certain point. Without yet forcing him into "organic" production, at least on a commercial scale, such customers exercise a beneficial influence in that they compel the horticulturist to perform constant re-evaluations of his criteria of "quality" with respect to the food which he produces. The relatively new science of genetics plays a very important role in this respect. We are now in a position to anticipate the development, in the relatively near future, of fruit, vegetables and even ornamental plants which are resistant to harmful insects and organisms. For instance, 9 scab-resistant apple cultivars have now been developed, and 4 synthetic varieties of seed corn with a strong resistance to the meal moth and other pathogenic organisms. Already we can look forward to a time when it will no longer be necessary to apply chemical pollutants to corn in order to control insects and disease.

The computer, omnipresent in present-day society, is being increasingly recognized as a valuable tool to horticultural producers. Besides providing important assistance in horticultural research work, the computer presides over almost every phase of production, from planting to marketing.

Despite his awareness of the need to conserve energy, the modern horticulturist feels the need for powerful and highly specialized machinery, since, under current conditions, the least efficient machine is still the human machine. As a result, heavy horticultural work is becoming increasingly mechanized. Although people in this country are showing a strong tendency to by small cars, farmers, in contrast, do not yet appear to have opted for less powerful machinery.

This century has seen the rise of an entire new generation of professional and amateur horticulturists. A shorter work week has led

many people to go into horticulture on a recreational basis. Some of them have followed this interest into full-time horticulture, while others continue to practise their skills on a more casual basis. Meanwhile, those born into professional horticulture, stimulated by the thirst for knowledge displayed by these newcomers to their sphere of activity and by the demands of the constantly evolving science of horticulture, are equally eager to acquire more information in this field. As a result of the 1980 Florales Internationales, they will henceforth be in a better position to produce large quantities of quality fruit, vegetables or ornamental plants more economically for the greater benefit of a greater number of people.

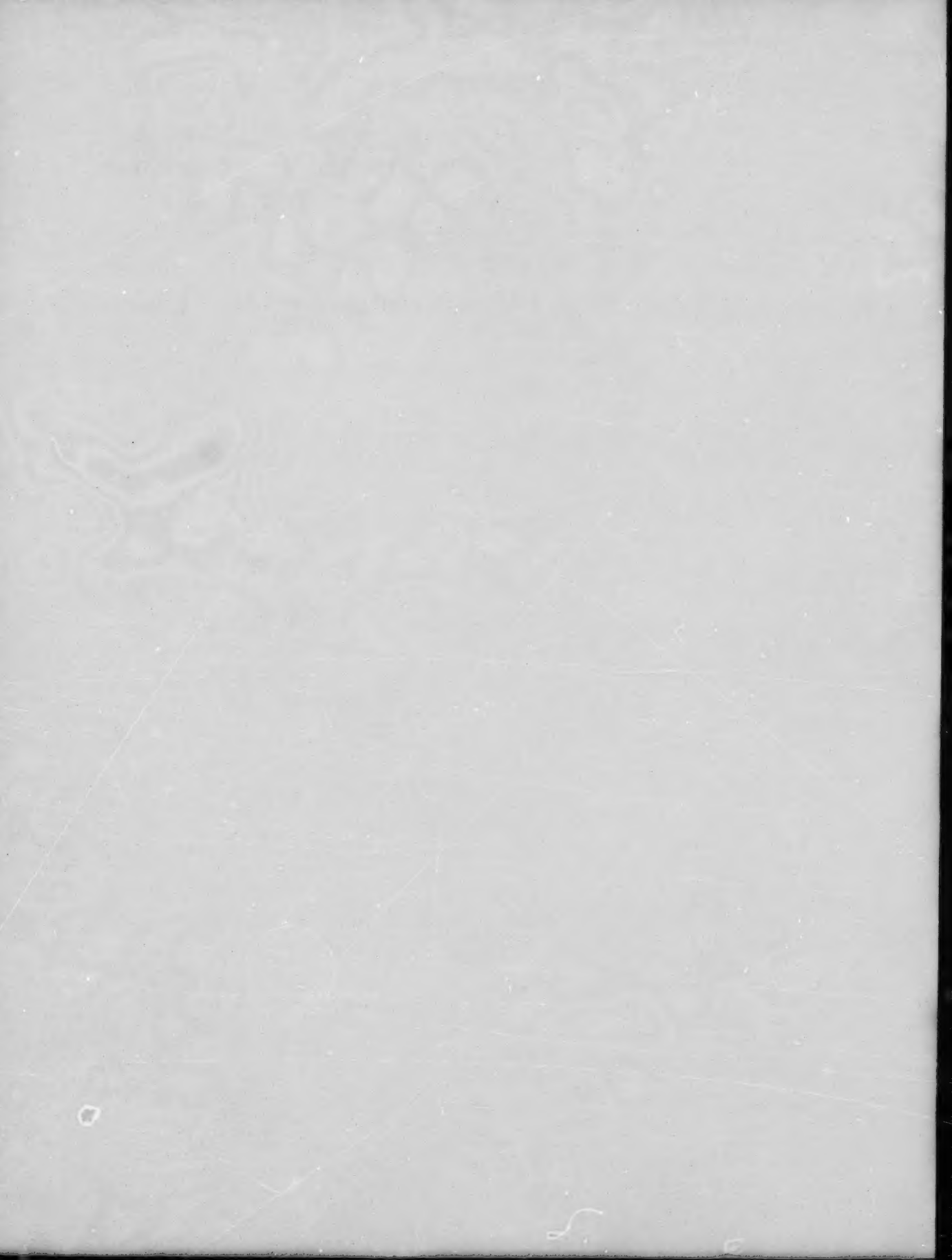


**Conduite du pommier en formes
plates, axe vertical et palmette,
selon le type de fructification
des cultivars**

**Expériences sur d'autres espèces:
prunier, pêcher, poirier, cerisier**

Jean Marie Lespinasse

Institut national de la recherche agronomique
Centre de recherches de Bordeaux
Station d'arboriculture fruitière
Pont-de-la-Maye
France



Nous constatons dans le jeune verger français une évolution qui pourrait schématiquement se résumer de la façon suivante:

- . une augmentation des densités d'arbres à l'hectare sur rangs simples;
- . l'utilisation de formes plates ou peu volumineuses;
- . une taille mieux adaptée au type de fructification de la variété.

En effet, en observant de près les vieux vergers nous pouvons adresser quelques reproches aux formes anciennes (Gobelet, Haies fruitières trop structurées...)

- . leur temps de formation apparaît trop long;
- . les formes ne conviennent pas toujours à la façon de se ramifier et de fructifier de la variété cultivée;
- . les arbres souvent trop volumineux se prêtent difficilement à l'utilisation d'une assistance mécanique qui de jour en jour se perfectionne;
- . la taille pratiquée bloque l'arbre dans un volume trop restreint, en hauteur en particulier, le déséquilibre et provoque un vieillissement trop rapide de la zone de production. Son éclaircissement étant insuffisant elle ne peut se renouveler.

Fréquemment l'arboriculteur choisissait une forme et par la taille contraignait l'arbre à s'y maintenir.

Maintenant, en fonction des résultats acquis, nous pensons qu'il est préférable d'utiliser les caractéristiques de la variété cultivée et de la laisser s'organiser elle-même selon son propre type de fructification.

L'arboriculteur interviendra pour l'aider à obtenir puis à maintenir l'équilibre entre le développement végétatif et la production de fruits: c'est ce que nous appelons la CONDUITE DE L'ARBRE.

1 Questions économiques et culturelles posées à l'arboriculteur aujourd'hui

Il semble que ces questions se situent à trois niveaux d'intervention pour le verger:

- . la réduction du temps de taille et de récolte;
- . une entrée en production rapide;
- . l'obtention d'une meilleure qualité du produit et d'une régularité de la production d'une année à l'autre.

1.1 Le prix de revient du fruit au verger peut être sensiblement abaissé en réduisant les temps de taille et de récolte. Nous pensons à ce sujet que cette amélioration nécessite en particulier deux choix fondamentaux:

- . la mise en place de formes à faible volume (avec l'axe vertical en particulier) ou plates type palmette. Ces formes facilitent l'assistance mécanique et permettent à l'arbre de se développer en hauteur sans que le tailleur soit obligé de l'arrêter artificiellement avec le sécateur;
- . la pratique d'une taille de renouvellement simple et rapide. Cette taille doit être adaptée au type de fructification de chaque variété.

(Ces deux aspects seront repris de façon précise aux chapitres 2 et 3).

Figure 1

1.2 Une entrée en production rapide. En fait nous ne savons pas si la rotation des vergers à l'avenir sera plus rapide qu'elle ne l'est actuellement. Quoiqu'il en soit, l'entrée en production précoce (dès la 3^e pousse en verger) est d'un intérêt non négligeable. Cependant cette mise à fruit rapide ne doit pas hypothéquer l'avenir du verger en épuisant les arbres trop tôt.

Figure 2

Ces résultats sont obtenus grâce à trois opérations conjuguées:

- a. Une conduite favorisant la mise à fruit prioritaire.
- b. Une vigueur suffisante pour que l'arbre se développe rapidement.
- c. Une augmentation des densités dans la limite du volume nécessaire à l'équilibre mise à fruit-vigueur de l'arbre.

Ainsi l'utilisation d'un matériel trop nanisant nous paraît de moins en moins favorable à ce genre d'équilibre, la vigueur étant pour nous tout à fait nécessaire, d'une part, pour obtenir rapidement le volume de production maximum et d'autre part, pour favoriser le renouvellement des branches fructifères dès que les arbres atteignent 10 ans d'âge. (Fig. 2)

1.3 L'obtention d'une meilleure qualité du produit et d'une régularité de la production d'une année à l'autre.

Les résultats présentés ci-dessous proviennent d'une étude réalisée sur la variété GOLDEN DELICIOUS en forme gobelet, greffée sur franc, âgée de 10 ans.

L'expérience de ces dernières années nous a montré que ces observations nous aident fréquemment à mieux comprendre les réactions de l'arbre. Aussi il nous a paru nécessaire d'en présenter l'essentiel.

Nous observerons dans un premier temps trois caractéristiques de coursonnes selon l'inclinaison des rameaux qui les portent: la fertilité, le calibre des fruits et leur teneur en saccharose.

Sur la figure 3, la vigueur est représentée par l'inclinaison des rameaux sur un même arbre; les rameaux verticaux étant évidemment les plus vigoureux.

Figure 3

La fertilité du rameau

Comme chacun sait, elle augmente avec l'inclinaison du rameau. Elle est exprimée en nombre d'inflorescences par mètre de rameaux (il y avait 238 mètres de rameaux sur l'arbre étudié). De 3, 4 inflorescences par mètre sur les rameaux verticaux, on en observe 5,6 par mètre en position horizontale et 8,4 par mètre sur les rameaux pendants.

Les calibres

De 0 à 30° nous observons une hétérogénéité et une décroissance du calibre moyen dues vraisemblablement à une concurrence des pousses végétatives au niveau réserves.

De 30 à 120° ils sont relativement homogènes.

De 120 à 180° une chute très nette du calibre est observée.

Le saccharose

Dans le cas de l'étude, il a été dosé individuellement pour chaque fruit en grammes par litre. Habituellement nous considérons que 30 grammes par litre est la limite inférieure d'une bonne qualité.

De la verticale à 120°, la teneur en saccharose ne descend pas en dessous de 33 grammes par litre mais entre 30 et 40°, elle atteint 39 grammes. Cette situation dans les conditions de l'étude pourrait correspondre à un équilibre idéal entre la mise à fruit et la vigueur. Au-delà de 120° nous constatons une chute très nette.

Enfin, nous observons que le volume de la zone mal éclairée croît avec les inclinaisons inférieures à l'horizontale.

Ainsi, en reprenant ces trois observations que chacun de nous vérifie

fréquemment nous pouvons dire que schématiquement il existe sur un arbre, trois zones distinctes: A, B et C.

- . La zone A de 0 à 30°, avec une nette prédominance de la vigueur (surtout dans le cas où les arbres sont contraints dans un volume trop limité).
- . La zone B de 30 à 120°, zone d'équilibre mise à fruit-vigueur avec un optimum entre 30 et 45°.
- . La zone C, de 120 à 180°, avec une mise à fruit importante si l'éclairement reste suffisant, une qualité médiocre et une coloration trop faible de l'épiderme des variétés rouges.

Figure 4

Sur la figure 4, reprenons les trois zones A, B et C (à gauche), représentant schématiquement les trois rapports de mise à fruit-vigueur de la branche fructifère et observons leur évolution sur l'arbre selon son âge et avec une forme classique limitée en hauteur, par exemple une haie fructifère vue dans le sens du rang (le temps donné à chaque période - un à quatre ans, quatre à six ans, plus de six ans peut varier selon les conditions de culture).

- . De un à quatre ans, l'arbre conserve son aspect conique, il se développe, nous retrouvons à la fois la zone A et la zone B.
- . De quatre à six ans, il atteint son volume prévu, la zone d'équilibre B est importante mais la zone A en général, persiste. D'une forme conique, l'arbre devient progressivement cylindrique et déjà la zone C apparaît.
- . Après six à sept ans, le phénomène se développe et d'un cône bien posé sur sa base, nous retrouvons un cône renversé sur sa pointe. La zone d'équilibre mise à fruit-vigueur "B" décroît très vite, la zone A peut parfois être comparée à une "tête de saule", la zone C prend des proportions inquiétantes, même si une taille sévère lui apporte un regain de vigueur.

Il convient donc de préciser dans quelles conditions il sera possible de

maintenir la zone "B" sur un arbre et de provoquer le développement optimum de cette zone idéale d'équilibre entre la vigueur et la mise à fruit.

2 Des formes correspondant à la morphologie de la variété cultivée

Des variations importantes s'observent entre les variétés cultivées selon leur façon de se développer puis de fructifier. Nous avons distingué 4 types de fructification:

2.1 Les quatres types de fructification du Pommier

. Type I - Les "Spurs"

Chez ces variétés les branches charpentières sont coniques et présentent une forte tendance à "repercer" sur leur partie inférieure (basitonie) (Figures 5 et 6).

La prédominance de la tige (leader) est peu évidente mais varie selon les variétés.

La majorité des coursonnes sont situées sur des parties de rameaux âgées de deux ans et plus. Elles continuent à produire sur vieux bois.

Les fruits restant près des branches charpentières, la zone de mise à fruit ne s'éloigne pas de la charpente de l'arbre, contrairement à ce que nous pouvons observer sur les types III et IV.

. Type II - Variété témoin: Reine des Reinettes

Ces variétés sont faciles à conduire en plein vent: l'insertion des branches charpentières sur le tronc est très solide, les angles des ramifications sont ouverts.

Les arbres présentent généralement une prédominance de la tige centrale plus évidente que chez les Spurs. Cependant, les

réactions basitones restent fortes et renforcent les ramifications de la base surtout avec les porte-greffes vigoureux. Ce phénomène est également constaté chez certains types III tels que GLOSTER, les ROUGES DELICIOUS, WINESAP.

La majorité des coursonnes sont situées sur des parties de rameaux âgées de deux à quatre ans.

Ainsi la zone de mise à fruit modifie peu le port de l'arbre.

Figures 5 et 6

. Type III: Témoin Golden Delicious

La tige de l'arbre prédomine nettement sur l'ensemble des ramifications. Cette aptitude prédispose plus particulièrement les variétés de ce groupe à la culture avec "l'axe vertical" (branches fructifères directement insérées sur la tige).

Les branches fructifères ont, avec la tige, un angle ouvert (60 à 90°) facilitant ainsi la mise à fruit.

Les brindilles couronnées sont nombreuses.

La zone de mise à fruit s'éloigne rapidement du centre de l'arbre et provoque en port naturel un fléchissement des branches charpentières. Les fruits ne sont plus portés sur ces dernières (sauf sur les parties âgées de deux ou trois ans) mais par leurs ramifications qu'il convient de renouveler pour éviter ce fléchissement.

. Type IV: Témoin Rome Beauty

Ces variétés "repercent" difficilement sur la partie inférieure de leurs branches charpentières. Les ramifications situées sur le tiers supérieur de la tige donnent à l'arbre un aspect cylindrique (tendance acrotonie). Ce comportement est l'inverse

de celui observé chez les Spurs (tendance basitane).

Le prolongement des branches charpentières se réalise par arcures successives. L'évolution de la zone de mise à fruit vers l'extérieur de l'arbre est plus rapide que chez GOLDEN DELICIOUS. Cependant nous observons une stabilisation de cette évolution dès que l'arbre a atteint l'équilibre entre la croissance végétative et la production.

La majorité des coursonnes sont situées sur de jeunes rameaux âgés de 1 et 2 ans, soit en position terminale, soit en position latérale après arcure.

Durant le développement de l'arbre (premières années de croissance) les ramifications ont généralement un port dressé.

2.2 Formes proposées pour chaque groupe de variété

Certaines formes semblent mieux correspondre au port et au type de fructification de chaque variété. Leur emploi permet alors de mieux utiliser le potentiel végétatif de l'arbre, d'améliorer la qualité du produit et de faciliter les interventions culturales.

La figure 7 montre schématiquement une répartition des formes selon les 4 types de fructification. Les critères ayant présidé au choix de ces formes sont :

- . le respect du type de fructification;
- . l'éclaircissement optimal de la zone de production;
- . les impératifs culturels actuels en particulier la volonté d'"aplatir", l'arbre sur le rang pour faciliter l'assistance mécanique.

Figure 7

Les variétés du type I de fructification: les "Spurs"

Trapus et bien coursonnés leur développement basitone varie selon les variétés et la prédominance d'une branche centrale n'est pas toujours évidente.

Trois solutions peuvent être préconisées:

- . la conduite sur un axe en veillant particulièrement à son bon développement et en provoquant des ramifications aussi ouvertes que possible (Figure 8 à gauche);
- . le développement de plusieurs branches charpentières avec un axe au centre (forme "buisson"). Les branches charpentières juxtaposées et en surnombre seront progressivement éliminées;
- . une "conduite en volume" en favorisant le développement des branches charpentières très bas, par la coupe du scion à la plantation (Figure 8 à droite).

Figure 8

Dans tous les cas il est recommandé de ne pas aplatir sur le rang les arbres des variétés à tendance basitone. Leur aptitude à repercer dans la partie basse de l'arbre, s'exprime en effet dans toutes les directions ce qui rend difficile la culture en formes plates (palmette), la jupe devenant trop épaisse.

Les variétés du type II de fructification

Ces variétés se caractérisent par un tronc et des branches formant une forte structure.

Contrairement à certains "Spurs", elle présente une nette prédominance de la branche centrale mais leur tendance basitone apparaît dès la 2^e

pousse en verger et persiste plus ou moins selon la vigueur du porte-greffe.

Avec des porte-greffes vigoureux, les variétés se comportent parfaitement en forme libre:

- . très bons angles d'insertion des branches charpentières qui sont d'autant plus puissantes qu'elles sont basses (figure 9 en haut);
- . cette "jupe" basse et trapue ne s'aplatit pas facilement sur le rang (même constat que pour les Spurs). Cependant les porte-greffes moyennement vigoureux (106) permettent l'adaptation à des formes de type palmette.

Avec les porte-greffes faibles, la prédominance de la branche centrale se maintient mais, par contre, la tendance basitone s'estompe ou disparaît, la culture avec l'axe vertical devient alors possible (figure 9), en bas. Les branches fructifères sont situées directement sur l'axe et non sur les structures multiples des situations précédemment décrites. Les angles généralement ouverts de ce type de fructification facilitent cette conduite. Cependant, il faudra toujours veiller à ce que les branches fructifères de la base de l'axe ne deviennent pas, elles-mêmes, de futures charpentières et forment ainsi un gobelet.

Figure 9

Les variétés du type III de fructification

C'est un groupe de variétés dont les caractéristiques morphologiques se situent entre le buisson à développement basitone (Spurs) et les variétés acrotones du type GRANNY SMITH ou ROME BEAUTY (figure 10).

Figure 10

Chez l'arbre croissant à l'état naturel, les branches basses ne deviennent

pas concurrentes de l'axe comme chez les types plus basitones. L'ensemble de la ramification est répartie autour de l'axe selon une densité et une hiérarchie propre à la variété: l'arbre présente une forme plus ou moins tronconique.

Les rameaux latéraux se mettent rapidement à fruit. Le renouvellement de ces branches fructifères se réalise facilement après fléchissement sous le poids des fruits. Chez certaines variétés cet affaïssement est très précoce. C'est le cas de JONATHAN dont les ramifications sont très souples. La mise à fruit très rapide intervient souvent avant que l'arbre ait pu atteindre un développement suffisant.

Figure 11

Ces variétés du type III de fructification sont en général les plus faciles à cultiver. Elles s'adaptent sans difficulté à toutes les formes n'ayant pas de caractères prédominant acrotone ou basitone. Les arbres des variétés de ce groupe présentent également le gros avantage de pouvoir renouveler facilement leur zone à fruit (rameaux porteurs de fruits âgés de 2 et 3 ans). Il est possible alors de maintenir par une taille simple et rapide une production continue de fruits de qualité.

Les variétés du type IV de fructification

La plupart des observations concernant les types III sont valables pour ce type IV. Cependant 3 caractères propres à ce groupe de variétés doivent retenir plus particulièrement notre attention:

- . la tendance acrotone pouvant provoquer des dénudations sur les parties basses des arbres ou, pour le moins, une vigueur insuffisante des ramifications;
- . le port dressé à demi-dressé de ces variétés. Tendance devant être contrôlée afin de maintenir une bonne répartition de la ramification du bas en haut de l'arbre;
- . le volume de la ramification et la situation des fruits sur

rameaux âgés de 1 et 2 ans et sur brindilles couronnées. Deux caractères nécessitant un volume important autour de la branche fruitière (figure 12). Les ramifications longues et souvent dressées fléchissent progressivement sous le poids des fruits.

Figure 12

Durant les trois premières pousses après la plantation il sera parfois nécessaire de raccourcir les branches fruitières trop longues. Cette opération est réalisée durant la période végétative après que le poids des fruits ait fait fléchir ces branches trop longues, gênantes pour le passage du matériel entre rangs. Cette croissance importante des branches fruitières ne s'observe qu'avant l'équilibre de l'arbre par la suite leur développement ne nécessite aucune intervention de ce genre.

- . L'axe vertical sur porte-greffes faibles (M 9 et M 26).
- . La "Palmette 3 axes" sur porte-greffes moyennement vigoureux (M 106).

3 La conduite en axe vertical sans charpente et la Palmette "3 axes"

Dans son port naturel le Pommier cultivé est composé d'un tronc central unique sauf pour les variétés à forte basitonie où la concurrence de plusieurs branches latérales peut annuler ou plus ou moins réduire la prédominance de l'axe central.

La méthode que nous préconisons tend à favoriser cette tendance naturelle.

Nous appellerons "AXE" une structure composée de la manière suivante:

- . une tige (ou tronc) unique et verticale;
- . cette tige sert de support aux branches fruitières;
- . les branches fruitières se développent autour de la tige selon le type de fructification de la variété (figure 13);
- . ces branches fruitières sont périodiquement renouvelées après

fléchissement sous le poids de leurs fruits et ne deviendront pas, de ce fait, de nouvelles charpentes;

- . l'arbre se maintient dans un équilibre naturel: sa mise à fruit contrôle son développement végétatif ceci garantit une homogénéité de croissance de ses pousses dans toutes les parties de l'arbre.

Figure 13

Cette conception plus naturelle du développement de l'arbre peut être adaptée à des formes plus classiques et plus élaborées telles que palmettes, drapeaux, gobelets etc. par l'assemblage de plusieurs axes (figure 14). C'est ce que nous appellerons couramment la "restructuration". L'axe vertical apparaît alors comme une unité de base qui facilite l'établissement d'un équilibre naturel entre la croissance végétative et la mise à fruit.

Figure 14

L'arbre selon la forme initiale qui lui a été donnée peut être constitué de 1 à x axes.

3.1 Techniques à suivre pour l'élaboration de l'axe vertical sans charpentièr

Il est important ici de rappeler un principe fondamental de la physiologie de la ramification. Sur une pousse verticale il existe une relation entre le bourgeon terminal et les bourgeons latéraux. On dit que le bourgeon terminal inhibe le développement des autres bourgeons, on parle aussi de dominance apicale. Ce phénomène général est plus ou moins accentué selon les variétés.

Le respect du bourgeon terminal évite donc le développement des branches à tendance verticale et facilite l'élaboration de ramifications à vocation fruitière présentant avec l'axe dressé, des angles ouverts, tout en évitant des phénomènes de concurrence.

Ces bourgeons latéraux se développant plus tardivement (1 ou 2 ans après l'axe) et moins vigoureusement.

Rappelons que pour l'élaboration d'autres formes comme les gobelets, l'ablation de l'extrémité de la tige conduit à l'obtention de plusieurs branches concurrentes, d'égale vigueur.

Ainsi avec l'axe vertical nous laissons croître naturellement, d'une part la tige principale de façon à dégager une structure initiale: l'"axe" et d'autre part des "ramifications" devenant porteuses de fruits dans des délais variables suivant les variétés:

- les rameaux latéraux sont maintenus dans une situation favorable à l'induction florale. En aucun cas ils ne doivent évoluer vers une nouvelle structure parallèle et concurrente à l'axe;
- l'axe est donc la structure essentielle de l'arbre. Sa croissance les deux premières années après la plantation est prioritaire sur celle de la ramification. De ce fait, la dominance apicale est non seulement utilisée mais parfois renforcée par des interventions visant à l'isoler (pincements en végétation).

Figure 15

3.1.1 Première année - A la plantation du scion ou durant la première pousse en place (greffage en place ou plant greffé sur table et planté directement) tout anticipé est supprimé. En effet généralement trop vigoureux en 2^e pousse, il favorise la dénudation de l'axe au-dessus de son implantation. En outre, souvent trop vertical il risque de concurrencer l'axe au-dessus de son implantation.

Ainsi sur la première pousse à partir de la greffe (scions en particulier) il est préférable d'avoir des bourgeons bien préformés que des anticipés. Ces bourgeons développeront pendant la deuxième pousse des rameaux horizontaux de bonne qualité, prédisposés à l'induction florale. Nous pouvons retenir le principe suivant: "Durant son développement l'axe doit toujours avoir un an d'avance sur sa ramification".

Les pincements de correction

Ils seront réalisés en été les deux premières années pour favoriser le développement d'une part de l'axe et d'autre part des rameaux latéraux.

Pour l'axe il suffit d'éviter les ramifications concurrentielles en pinçant les jeunes rameaux se développant à la base de la pousse de l'année ainsi que les anticipés se formant sur celle-ci (figure 16).

En ce qui concerne les ramifications latérales il est nécessaire d'éliminer les rameaux demi-dressés et trop vigoureux, situations peu favorables à leur mise à fruit.

Quant et comment réaliser ces pincements?

Ces pincements devront se faire en vert, le plus tôt possible en saison, dès que les pousses atteignent 15 cm pour la première intervention. Deux autres pincements seront réalisés durant la période de végétation.

Le but de cette opération est de prévenir la croissance de rameaux mal placés plutôt que de les supprimer l'hiver suivant, leur croissance terminée.

Figure 16

Durant l'hiver qui suit la première pousse, la taille consiste à supprimer les rameaux en surnombre.

Il faut déjà penser aux conditions dans lesquelles ces futures branches fruitières vont évoluer (éclairage, fléchissement, renouvellement).

Il est difficile de définir globalement le volume pouvant suffire au développement de ces branches, chaque variété ayant un comportement particulier. Cependant nous pensons que l'écartement moyen entre les ramifications orientées en tous sens est de 10 cm (figure 16 en bas).

3.1.2 Deuxième année - (3^e pousse après le greffage quelle que soit la méthode de préparation du matériel végétal).

Les pincements d'été seront réalisés selon le même principe que la première année. Cette intervention est également très importante car, fréquemment un grand nombre de rameaux ne croissent qu'en deuxième année sur la première partie de l'axe (celle qui s'est développée la saison suivant le greffage).

L'intensité et le lieu des pincements varient selon les variétés.

GRANNY SMITH: La tendance acrotone de cette variété du type IV nécessite les deux premières années des interventions bien suivies consistant à effectuer des pincements latéraux systématiques sur le 1/3 supérieur de l'axe pour limiter son élongation et renforcer les ramifications de la partie inférieure.

Famille JONATHAN: Ces variétés présentent des ramifications souvent en surnombre. Les interventions seront plus particulièrement orientées vers l'ablation de jeunes rameaux en excédent pour favoriser le développement de l'axe.

GOLDEN DELICIOUS: Cette variété du type III ne présente pas de tendances extrêmes et s'équilibre très facilement. Surveiller cependant le prolongement de l'axe et éviter les ramifications trop verticales ou en surnombre.

Variétés à tendances basitone - les "Spurs"

Il a été souvent dit que les SPURS pouvaient produire avec une taille de faible intensité (élagage en particulier). Or, l'expérience montre aujourd'hui que comme pour les autres types de fructification, un renouvellement de la zone fructifère est nécessaire. Moins fréquent et parfois plus sévère, il maintient l'arbre dans un bon équilibre "mise à fruit-vigueur". Cette opération régularise de façon sensible la production d'une année à l'autre, elle accroît

et homogénéise le calibre des fruits, elle permet de surmonter deux inconvénients signalés chez les "SPURS": l'alternance et la réduction du calibre.

Cultivés en forme libre, en favorisant le développement de nombreuses branches charpentières, les "SPURS" ne se prêtent guère à ce renouvellement de leur zone fructifère.

La conduite en axe par contre, favorise l'émission de jeunes rameaux près de la structure initiale. Durant les deux premières années nous devons être plus particulièrement attentifs à deux points:

- . le développement de l'axe. Nous savons que dès les premières années sur les "Spurs" il ne prédomine pas (ou peu) les autres ramifications basitones. Souvent sa croissance est arrêtée par une mise à fruit rapide. Aussi l'opération inverse de celle proposée sur les types acrotones renforcera son développement.

Nous éviterons donc les pincements latéraux trop sévères du 1/3 supérieur afin de maintenir une dominance apicale (figure 8).

- . La suppression des rameaux dressés et vigoureux sur la partie basse de l'axe (comme sur les types III et IV de fructification) favorisera le développement d'autres rameaux à angles plus ouverts.

3.2 Contrôle de l'équilibre mise à fruit-vigueur par renouvellement progressif des branches fructifères

Après la troisième pousse, l'arbre se met progressivement à fruit, d'abord sur l'axe, puis rapidement sur les ramifications.

A ce stade de développement nous devons être attentifs à 2 phases importantes dans la vie de l'arbre:

- . Première phase: l'équilibre naturel entre la vigueur, c'est-à-dire le développement végétatif de l'arbre et l'établissement progressif de ses organes floraux;
- . seconde phase: concerne les branches fructifères. Chargées de

fruits dès leur deuxième ou troisième année de croissance elles s'inclinent. Leur renouvellement par de nouveaux rameaux est, soit provoqué par une taille de rajeunissement, soit élaboré au niveau de la courbure, la taille dans ce cas intervenant après.

3.2.1 Phase d'équilibre mise à fruit-vigueur

Le développement végétatif de l'axe vertical diminue progressivement à partir de la 4^e et 5^e pousse, la zone de production atteint rapidement sa partie supérieure.

L'arbre s'arrête de croître verticalement, il est "bloqué" par la fructification localisée sur le haut de l'axe (figure 17). Ainsi "l'équilibre s'obtient naturellement grâce aux fruits et non par le sécateur ou d'autres artifices (arcures par exemple).

Durant cette période nous constatons que la croissance annuelle des ramifications diminue. La vigueur des rameaux est régulière de bas en haut, quelle que soit leur position sur l'arbre.

Intérêt de cet équilibre

Le développement régulier des rameaux sur l'ensemble de l'arbre permet chaque année d'utiliser de façon optimale le potentiel végétatif. Les fruits portés par des rameaux bien alimentés et bien éclairés se développent alors dans des conditions très favorables au calibre et à la qualité gustative.

Par contre, sur des arbres déséquilibrés présentant des rameaux trop vigoureux dans la partie haute et faibles et étiolés sur la partie base (zone A et C), le 2/3 de la production est situé sur des coursonnes incapables d'assurer convenablement une alimentation équilibrée.

Figure 17

3.2.2 La branche fruitière et son renouvellement

Nous prendrons pour témoin GOLDEN DELICIOUS, variété dont les réactions sont bien connues.

La branche fruitière observée dans son port naturel passe par plusieurs phases dont la durée totale dépasse rarement 4 années:

- . développement
- . production
- . fléchissement progressif
- . renouvellement total ou plus fréquemment partiel.

L'installation progressive de la zone à fruit provoque un fléchissement de la branche fruitière conduisant à l'apparition sur son premier tiers de jeunes rameaux de renouvellement (figure 18 en haut).

Figure 18

Il est facile de repérer sur l'arbre ces différentes situations. La taille de renouvellement consistera à supprimer les ramifications de la branche fruitière situées dans la zone C ou proche de cette zone (figure 18 en bas).

De jeunes rameaux apparaissent généralement sur l'arcure. Dans tous les cas, il sera nécessaire d'attendre leur mise à fruit avant d'enlever la zone affaissée.

3.3 L'éclaircissement

L'éclaircissement a un rôle fondamental dans le développement et la production des fruits. Nous n'insisterons jamais assez sur son importance. Dans tous les cas, c'est le premier critère devant guider l'arboriculteur:

- . dans le choix de l'association variété-porte-greffe;
- . dans le choix des distances;

. dans la taille de renouvellement.

Avec l'axe vertical, le renouvellement périodique de ses branches fruitières favorise un éclairage jusqu'au centre de l'arbre, permettant un fonctionnement satisfaisant des 3 étapes du renouvellement de la branche fruitière: croissance du rameau d'un an, induction florale, qualité de la coursonne.

Les résultats d'expériences concernant l'éclairage des arbres et plus particulièrement les haies fruitières ainsi que les études réalisées en verger avec la conduite en axe, nous conduisent à faire un certain nombre de remarques au sujet de la largeur entre les rangs:

- . l'arboriculteur doit orienter les rangs de sa parcelle selon l'axe Nord-Sud (ou s'en approcher le plus possible) afin que la lumière puisse atteindre correctement les deux côtés de la haie;
- . il est important de tenir compte de l'ensoleillement de la région. Sachons que les rayons solaires ont un angle différent selon les latitudes des régions concernées. Nous devons porter notre attention sur l'éclairage du bas des arbres ainsi que sur la durée de cet éclairage.

Figure 19

La largeur entre rangs quelle que soit la vigueur de l'association variété-porte-greffe, ne doit jamais être inférieure à 4 m. Le choix de cette limite est déterminé tant pour des raisons techniques et mécaniques que pour l'éclairage. En effet le concept du verger, un rang simple dépassant généralement 3 m de hauteur (M9), est conçu pour une assistance mécanique présentant un minimum d'encombrement, 2 m environ. Le rayon de la base de l'axe ne devra pas excéder alors 0,80 m (figure 19 à gauche).

Au-delà de 4 m de largeur, nous proposons un rapport de 1 entre la hauteur de la haie et la largeur entre rangs (figure 19 à droite).

3.4 La conduite en axe vertical et les distances de plantation

L'augmentation de densité si elle a une incidence sur le développement de l'arbre, ne peut à elle seule, contrôler la croissance et déterminer le stade de l'équilibre mise à fruit-vigueur. Il semble très difficile d'évaluer son rôle: les résultats obtenus dans certains vergers ont, très difficilement, pu être exploités pour d'autres plantations.

Par contre nous connaissons et maîtrisons mieux le rôle de la mise à fruit sur l'arrêt de la croissance et sur l'équilibre naturel de l'arbre. L'expérience de nombreux vergers confirme très nettement le rôle que joue la mise à fruit dans ce contrôle.

Aussi abandonnant "l'augmentation des densités" comme élément premier dans la constitution du verger, nous abordons le problème différemment:

Figure 20

Commentaire de la figure 20

- a) Pour chaque variété connue greffée sur un porte-greffe particulier, se développant sans contrainte racinaire, nous connaissons le volume nécessaire à l'équilibre de l'arbre. Dans le cas de la figure 20: hauteur 500 cm largeur ou diamètre 200 cm (GOLDEN DELICIOUS greffée sur M 106).
- b) Connaissant ce volume nécessaire aux branches fructifères, nous pouvons déterminer aisément les distances que nous devons utiliser sur le rang et entre rangs (500 x 200) nous sommes assurés ainsi de ne pas constater de déséquilibre (vigueur excessive).

- c) Lorsque le verger atteint l'état d'équilibre, nous pourrions éventuellement constater que le volume moyen des arbres, est plus réduit que celui d'un arbre isolé. Cette réduction peut être la conséquence de la distance choisie de 2 m sur le rang dans la situation du verger (concurrence racinaire).

Nous savons aujourd'hui par expérience que les distances idéales des arbres en axe de ce verger de GOLDEN sur M 106 sont de 180 cm sur le rang et 450 cm entre les rangs (limons, Vallée de la Garonne).

Ce raisonnement proposé pour la détermination des distances de plantation est fondé sur l'équilibre "mise à fruit-vigueur" de l'arbre et non pas sur d'hypothétiques conséquences d'un accroissement de densités.

Ainsi, si nous donnons ci-dessous les distances de plantation, résultat de nos expériences dans plusieurs régions de production, sachons qu'il est toujours très important de réaliser localement des essais simples nous permettant de mieux adapter nos vergers à chaque situation (figure 21).

Figure 21

Remarque sur le comportement des porte-greffes:

Avec la conduite en axe vertical (taille légère canalisant le développement de l'arbre) nous nous sommes rendu compte que certaines réactions des porte-greffes étaient amplifiées par rapport à ce que nous savions d'eux auparavant, en particulier le caractère de mise à fruit précoce dans les conditions du Sud-Ouest de la France, s'exprime nettement plus tôt et modifie le développement de l'arbre (fléchissement des branches fruitières, arrêt de son développement).

En fait lorsque ces porte-greffes sont utilisés avec des formes structurées, nécessitant une taille de formation durant 4 à 5 années, ils ne

peuvent pas révéler pleinement leur capacité de mise à fruit précoce.

Figure 22

La figure 22 montre des arbres conduits en axe vertical avec la variété QUERINA (résistant Tavelure) sur lesquels une taille minimum a été réalisée durant les deux premières pousses.

Chaque porte-greffe donne une réponse spécifique:

- . avec le M 9. La zone à fruit monte rapidement. Dès la 3^e pousse (l'année suivante) la croissance de l'axe sera sensiblement ralentie par les fruits. L'équilibre est rapidement obtenu;
- . avec le M 26. La croissance, les deux premières années est comparable à celle du M 106 mais dès la deuxième pousse, sa mise à fruit est nettement plus importante (69 fruits). Remarquons également la tendance basitone exprimée fortement dès la pépinière;
- . le M 106 réagit vigoureusement, porte peu de fruits en 2^e pousse (figure 15). Mais l'année suivante (3^e pousse), sa production sur les rameaux à angle ouvert sera importante: 144 fruits par arbre.

3.5 La Palmette "3 axes"

"Pourquoi proposons-nous cette forme"?

Sa mise au point encore récente, a été réalisée pour des raisons culturelles bien précises.

Prenons un exemple fréquemment rencontré. L'utilisation de porte-greffes faibles peu résistants à l'asphyxie est peu souhaitable sur sols humides et compacts. Actuellement, dans ces conditions le M 106 est préféré. Or avec des variétés comme GRANNY SMITH, l'utilisation de ce porte-greffe exclut le choix de l'axe vertical. En effet la vigueur conférée par le M 106 maintient un port dressé des ramifications et ralentit nettement la mise à fruit. Le développement des arbres en axe atteint des hauteurs trop importantes en raison de la tendance acrotone de cette variété. Avec une

palmette, la vigueur de GRANNY SMITH sur M 106 est mieux répartie, l'équilibre des arbres est atteint plus rapidement.

Cette méthode consiste à utiliser les mêmes techniques que sur l'axe vertical, chaque arbre étant composé de 3 axes (figure 23).

Figure 23

Développement des 3 branches charpentières

Plusieurs méthodes peuvent être utilisées pour favoriser le développement de ces branches: la palmette anticipée sans rabattage du scion, le rabattage du scion dès la plantation, le rabattage du scion 1 an après la plantation.

Les deux premières méthodes étant déjà connues, nous décrivons plus particulièrement la troisième.

Il est très important d'obtenir trois branches d'égale vigueur après leur développement. Pour cela le contrôle de leur croissance est nécessaire dès la première année.

Une observation maintes fois répétée nous a permis de constater que nous avons moins de chance d'obtenir trois belles branches bien placées lorsque le scion est rabattu dès la plantation; dans ce cas, l'implantation racinaire est plus réduite (figure 24 en haut).

Figure 24

Partant de cette observation nous n'avons rabattu les arbres à 0,40 m qu'après la première pousse en place. Le résultat est généralement spectaculaire et assure une plus grande régularité et homogénéité de croissance des pousses.

Sur les 6 à 10 pousses développées, nous sélectionnons en vert, en juin, les 3 branches charpentières les mieux placées, si possible non juxtaposées à leur base. Celle du centre restant verticale, sera plus faible que les deux autres (figure 24 en bas).

Un anticipé sera conservé de chaque côté afin de combler l'espace vide entre chaque arbre.

Entre la 2^e et 3^e pousse, selon la vigueur, les branches seront disposées de façon à ce qu'elles soient à égale distance les unes des autres sur le rang (figure 23 à gauche).

Le contrôle de l'équilibre mise à fruit-vigueur et le renouvellement des branches fructifères seront réalisés exactement comme sur la forme en axe unique. La position verticale des branches charpentières permet un équilibre naturel entre la croissance des rameaux et la production de fruits de bas en haut de l'arbre.

Figure 25

4 Expériences avec les autres espèces

Pour chaque espèce nous avons essayé la technique de l'axe vertical du pommier accompagnée d'autres formes permettant l'assistance mécanique et favorisant l'expression naturelle de chaque variété.

Nous faisons ici, brièvement le point par espèce. C'est davantage le constat d'une évolution à un moment précis que des propositions concrètes pour le futur verger. En effet nous manquons de recul pour généraliser nos observations.

4.1 Le Pêcher - C'est une espèce qui se distingue nettement des autres en raison de sa végétation annuelle forte et rapide. La forme adoptée doit favoriser au maximum l'éclairement des rameaux renouvelés

chaque année.

L'Axe - Nous avons 10 ans d'expérience en axe vertical dans le Sud-Est et le Sud-Ouest de la France. Les arbres sont généralement plantés aux distances de 1 m à 1,50 m sur le rang et 4 m à 5 m entre rangs.

Cette forme peut convenir parfaitement à certaines variétés sur lesquelles les ramifications se développent avec des angles ouverts. (RED TOP, FANTASIA). Mais les variétés à tendance plus basitones et se ramifiant avec des angles plus fermés nécessitent chaque année des pincements en vert importants et onéreux pour les maintenir en équilibre. Dans ce cas là, les variétés sont maintenues artificiellement dans une forme qui ne leur convient pas. Cependant il est possible de maîtriser ces arbres en sols moyennement fertiles et en contrôlant les apports azotés les 4 premières pousses après la plantation.

D'autres perspectives selon les régions:

- . retour à des gobelets bas, très ouverts à l'ensoleillement, formés par dédoublement de branches charpentières avec resserrement sur le rang (3 m) et élargissement entre rang (5 à 6 m);
- . formes en double axe situées (sic) perpendiculairement au rang, contrôlant mieux l'expression basitone de la variété;
- . palmette anticipée type italien avec 3 axes sur le rang.

4.2 Le Poirier - Espèce ne présentant pas de difficultés majeures avec la conduite en axe (1,50 m x 4,50 m). Cependant la vigueur excessive (limons en vallée) nous fait espérer l'obtention prochaine de portegreffes moins vigoureux.

Actuellement nous proposons la palmette 3 axes dans ces situations (expérience 7 ans).

Figure 26

4.3 Le Prunier - La formation du Prunier (prune de table et plus particulièrement Prune d'Ente de séchage) est restée très traditionnelle: gobelet demi-tige.

Dans un premier temps nous avons défini chez cette espèce quatre types de fructification dont les témoins sont:

. STANLEY	portant des fruits sur rameaux âgés de 2 à 6 ans						
. PRUNE D'ENTE	"	"	"	"	"	"	1 à 4 ans
. REINE CLAUDE	"	"	"	"	"	"	1 à 3 ans
. BAVAY	"	"	"	"	"	"	1 à 2 ans

Figure 27

Comme pour le Poirier nous sommes gênés par le fait que les porte-greffes plus faibles actuellement connus ne sont pas encore suffisamment expérimentés. Néanmoins après 4 ans d'expériences 3 variétés se comportent bien en axe vertical sur semis de *Prunus mariana*, P 8-1: STANLEY, PRESIDENT. Leur mise à fruit dès la 4^e feuille est importante et freine le développement végétatif, les branches fructières fléchissent et se renouvellent. Cependant avec un porte-greffe trop vigoureux nous prenons le risque d'un déséquilibre végétatif important les années de gel lorsque le verger est âgé de 3 à 5 ans.

Avec REINE CLAUDE les résultats obtenus ne sont pas évidents: sa basitonie reste très forte et nous n'avons enregistré aucune précocité de mise à fruit.

Nous avons essayé deux types d'axe:

- . l'un comparable à celui utilisé sur le Pommier avec renouvellement systématique des branches fructières;
- . l'autre plus volumineux avec des structures basses.

L'un et l'autre donnent pour le moment satisfaction. La deuxième solution pourrait être plus particulièrement utilisée avec les variétés devant être secouées. La Palmette 3 axes semble convenir à toutes les variétés expérimentées.



Figure 1 Avec les plantes ou de faible volume (palmettes ou axe vertical)
l'assistance mécanique est simplifiée.

With flat or low-volume forms (palmette or vertical axis), mechanical assistance is simplified.

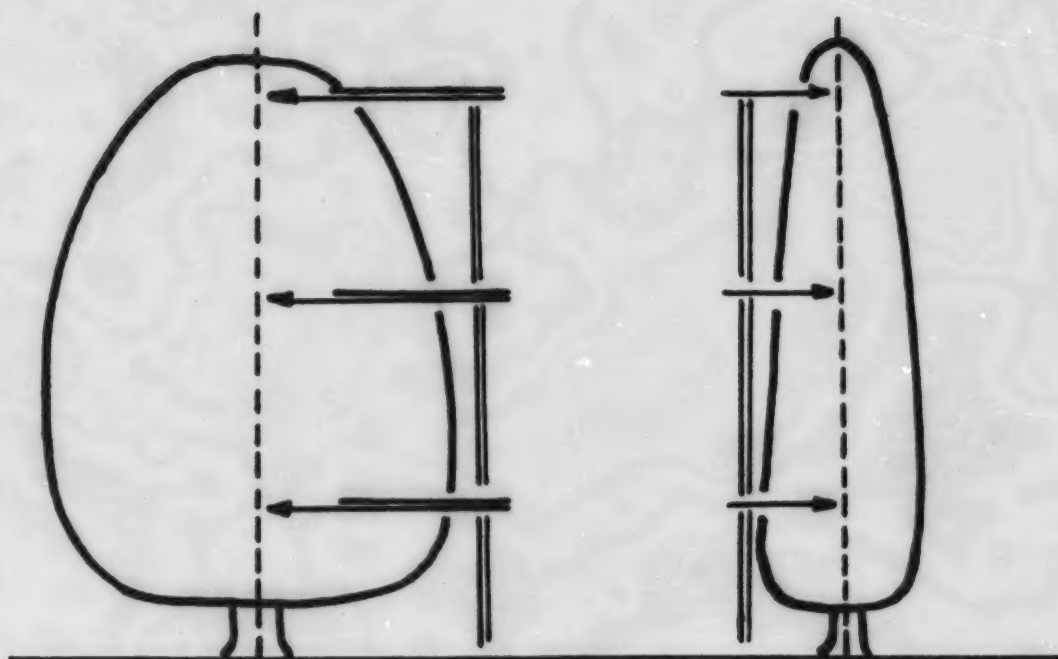


Figure 2 Évolution du verger. Savoir utiliser la vigueur.

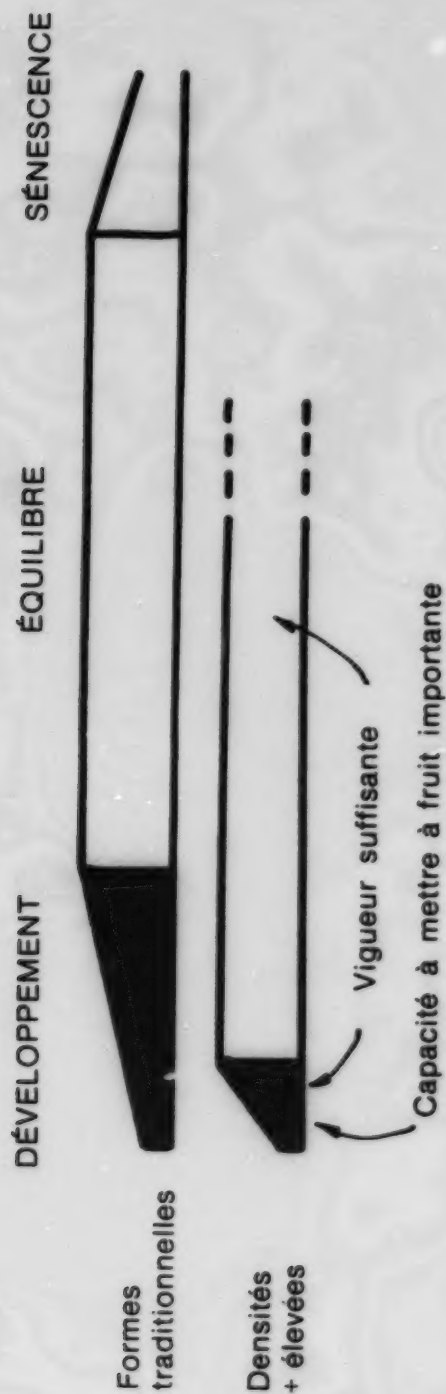


Figure 2 Orchard evolution. Knowing how to use vigour.

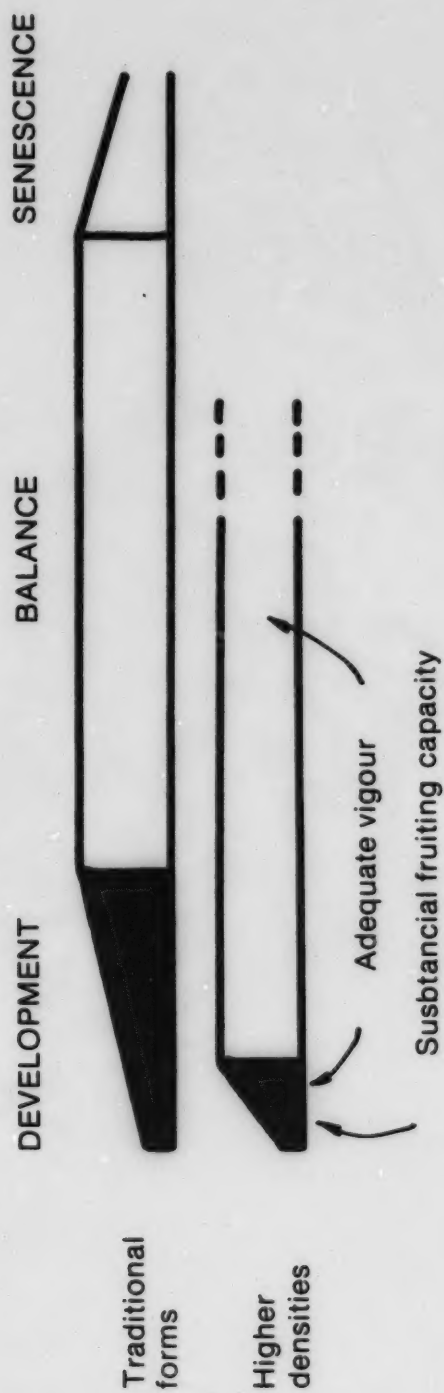


Figure 3 Relation entre la qualité des fruits et la vigueur de la branche fruitière.

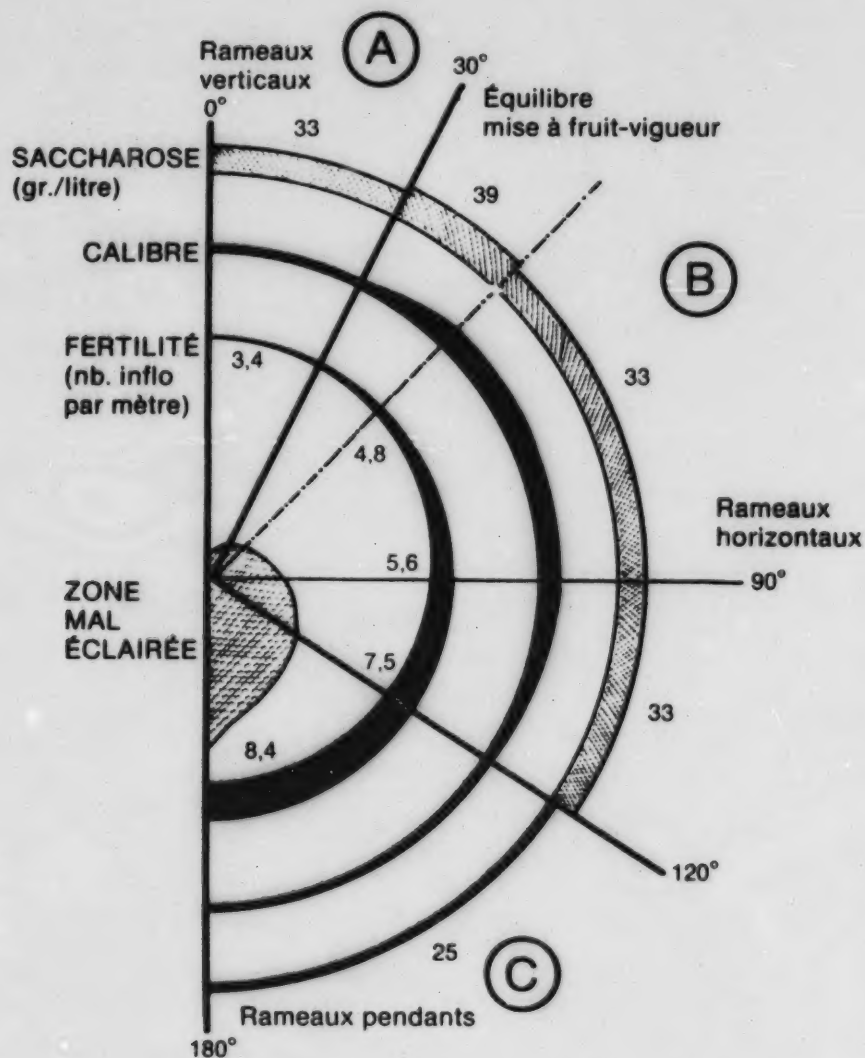


Figure 3 Relationship between fruit quality and vigour of the fruiting branch.

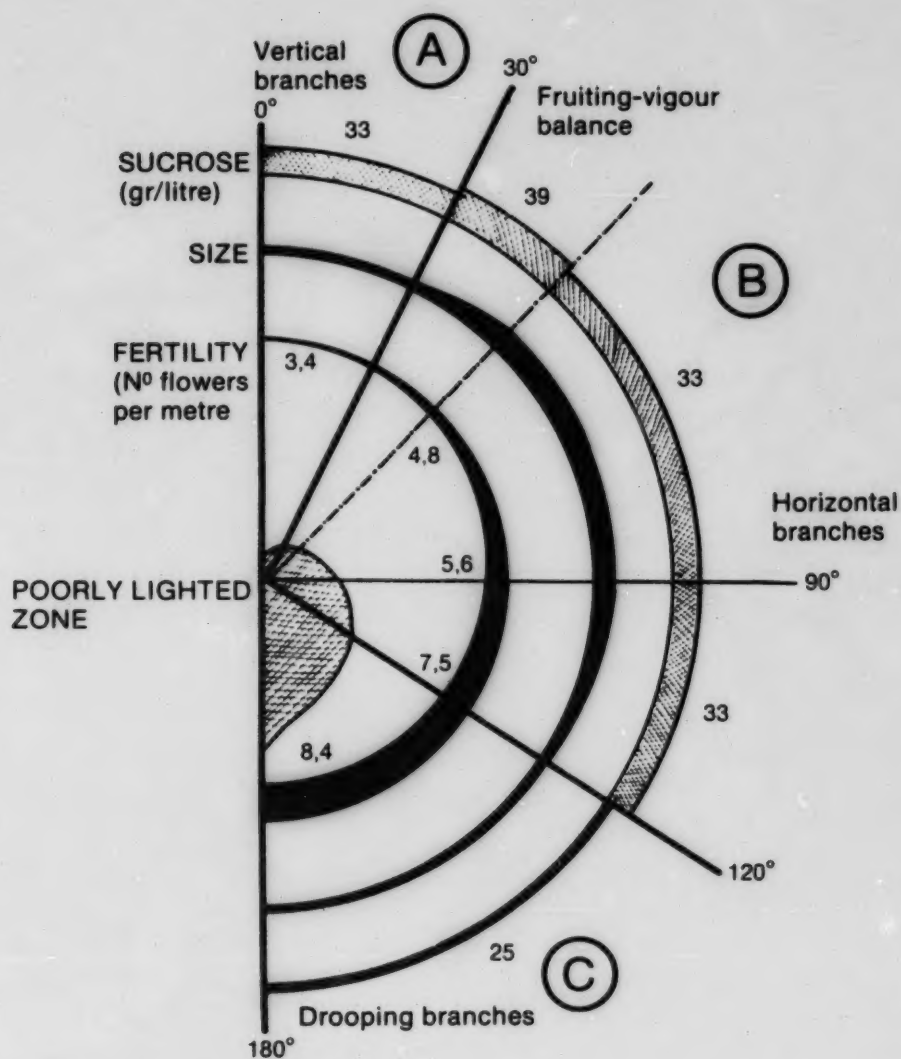
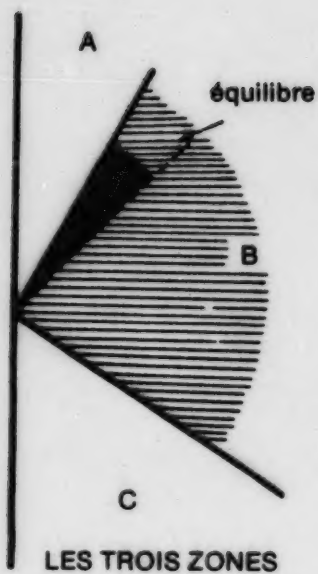
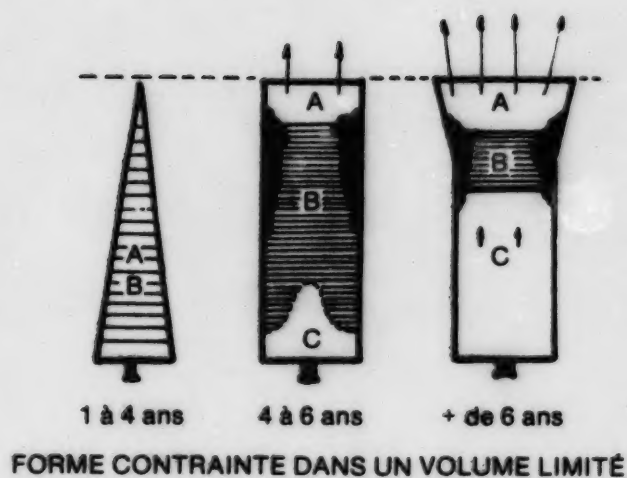


Figure 4a Rapport mise à «fruit-vigueur», son évolution sur l'arbre dans le temps.

"Fruiting-vigour" relationship, its evolution on the tree over time.



THE THREE ZONES



1 to 4 years 4 to 6 years over 6 years
FORM RESTRICTED TO A LIMITED VOLUME

Figure 4b

Golden Delicious sur M 106 9 ans. 5m x 2m en axe vertical bien équilibré.

Golden Delicious on M 106, 9 years old. 5 m x 2 m, well balanced vertical axis.



Figures 5 et 6

Les quatre types de fructification.

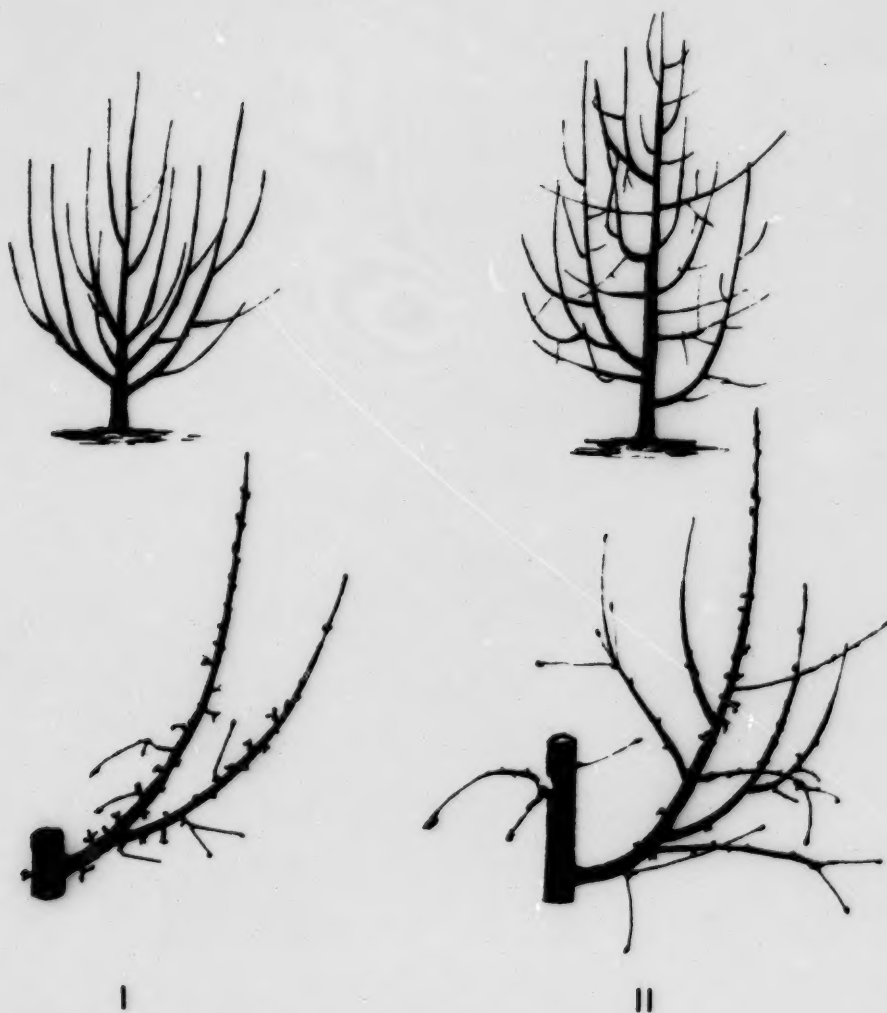
I Témoin Starkrimson. II Témoin Reine des Reinettes.

III Témoin Golden Delicious. IV Témoin Rome Beauty (Granny Smith).

The four fruiting types.

I Reference Starkrimson. II Reference Reine des Reinettes.

III Reference Golden Delicious. IV Reference Rome Beauty (Granny Smith).



Figures 5 et 6



III



IV

Les quatre types de fructification.

I Témoin Starkrimson. II Témoin Reine des Reinettes.

III Témoin Golden Delicious. IV Témoin Rome Beauty (Granny Smith).

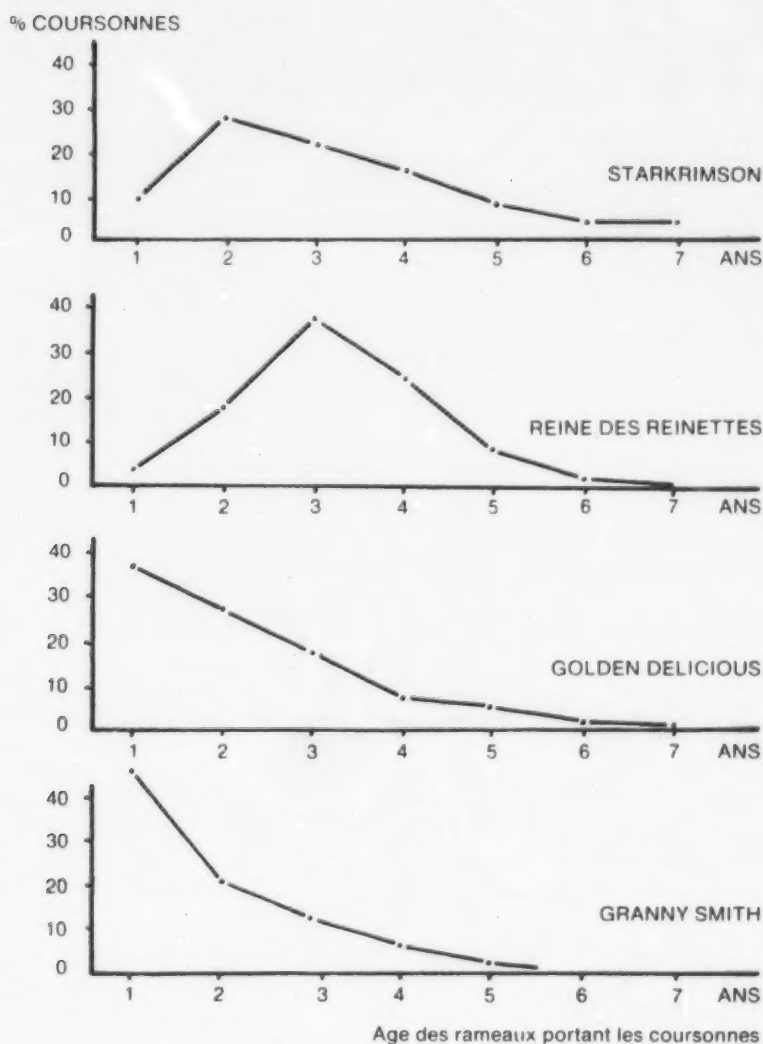
Figure 2

SITUATION DES FRUITS SELON L'ÂGE DES RAMEAUX

- arbres âgés de douze ans - greffés sur franc - forme libre;

- l'âge d'un rameau ou d'une portion est déterminé au printemps avant la pousse;

- les fruits sur bois âgés d'un an regroupent ceux en positions latérales et ceux en positions terminales: brindilles couronnées etc.



Figures 5 and 6 | The four fruiting types.
 I Reference Starkrimson. II Reference Reine des Reinettes.
 III Reference Golden Delicious IV Reference Rome Beauty (Granny Smith).

Figure 2 POSITION OF FRUIT BY BRANCH AGE

- twelve-year-old trees - grafted onto seedling stock - free-growing;
 - age of a branch or portion thereof is determined in the spring
 before growth begins;
 fruit on one-year wood includes fruit in lateral and terminal
 positions: coronate twigs, etc.

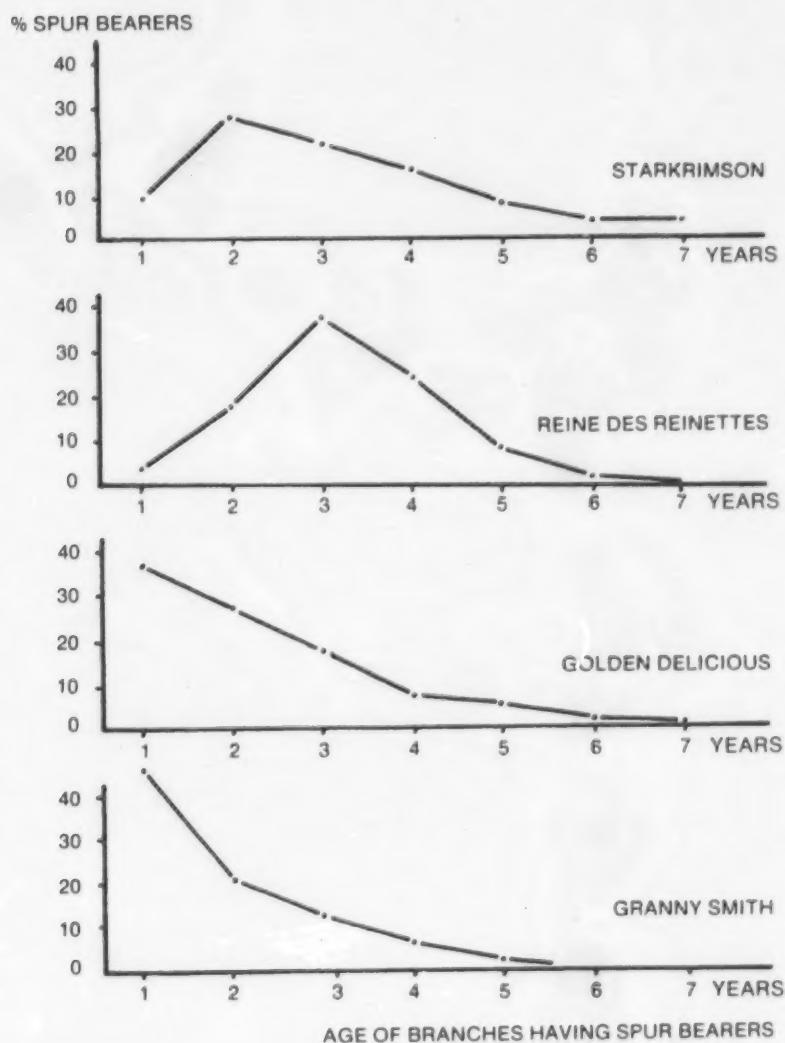
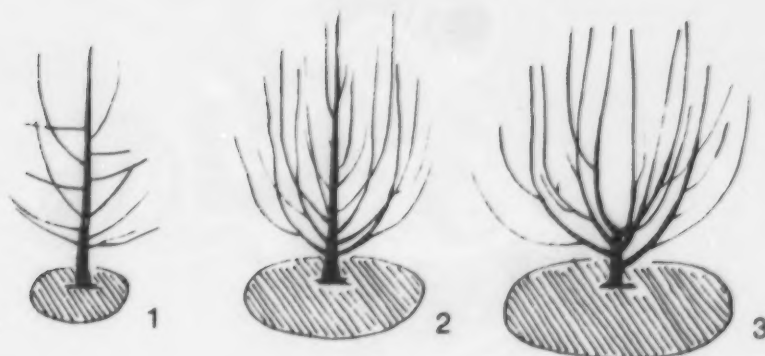


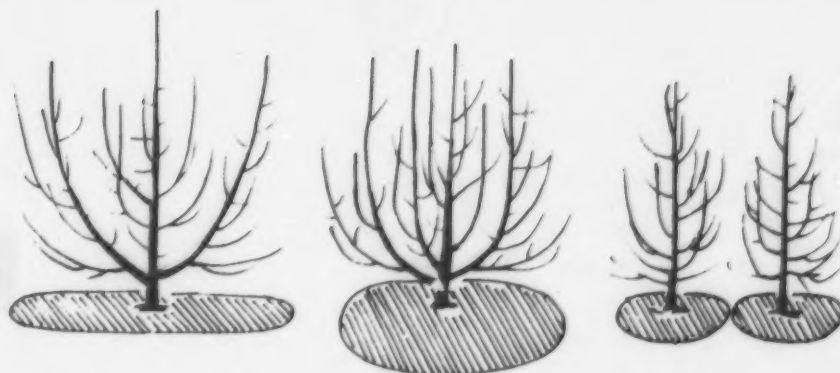
Figure 7a Répartition des formes selon les types de fructification.

Distribution of forms by fruiting types.

I
SPURS



II
REINE des
REINETTES



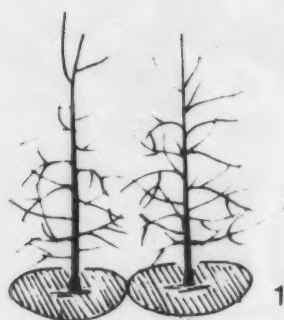
PG moyennement vigoureux 1
moderately vigorous rootstock

PG faibles 2
weak rootstocks

Figure 7b Répartition des formes selon les types de fructification.

Distribution of forms by fruiting types.

III
GOLDEN
DELICIOUS



IV
GRANNY
SMITH

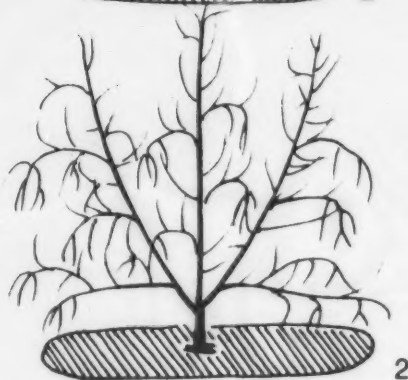


Figure 8

Spurs:

- à gauche: conduite en axe vertical Oregon Spur sur 106 (3 ans);
- à droite: développement de plusieurs branches charpentières Golden Spur sur 106 (3 ans).

Spurs:

- left: vertical-axis management, Oregon Spur on 106 (3 years old)
- right: development of several scaffold branches, Golden Spur on 106 (3 years old).

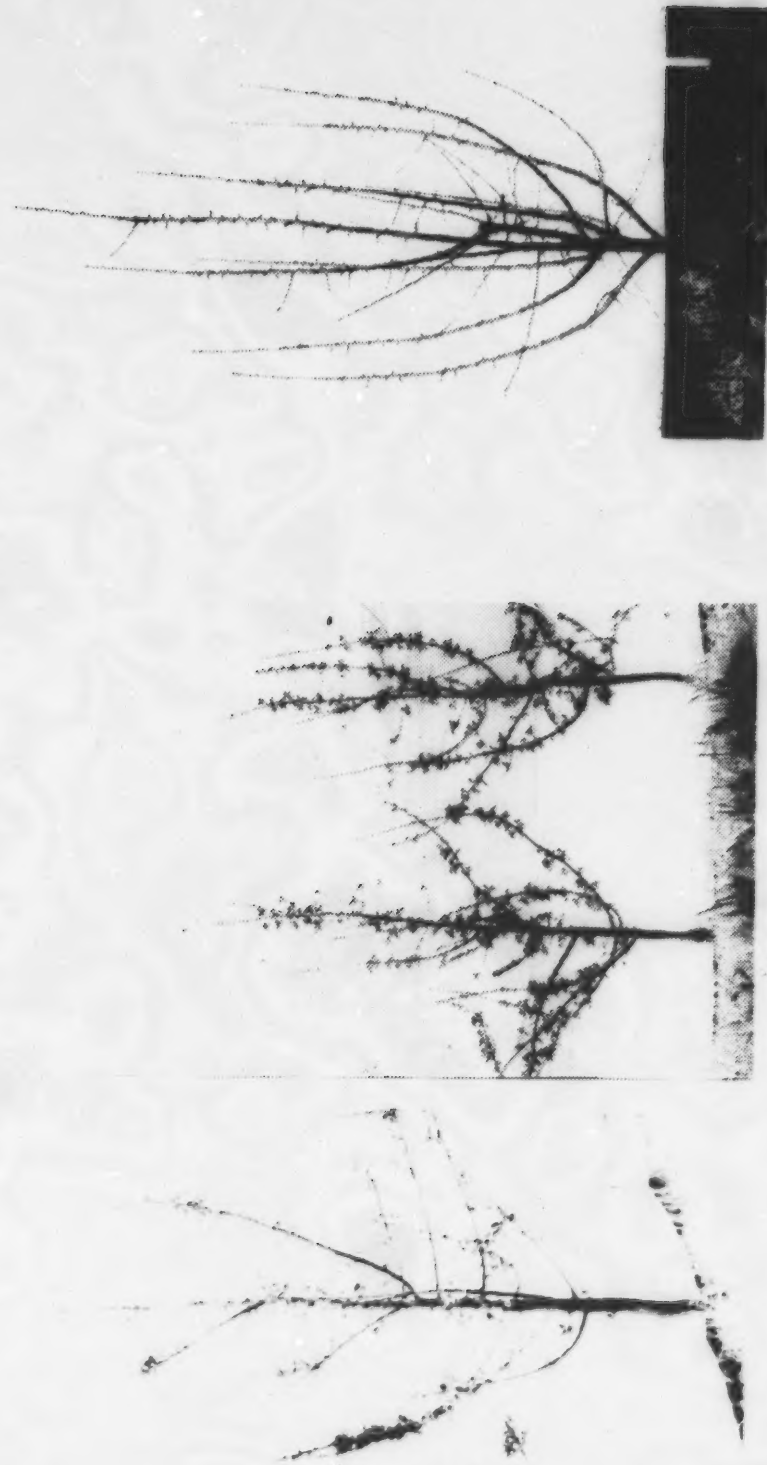


Figure 9 Deux tendances avec les types II de fructification.

TYPES II DE FRUCTIFICATION

Avec les porte-greffes demi-vigoureux

Tendance basitane forte



Avec les porte-greffes faibles

Tendance basitane atténuée

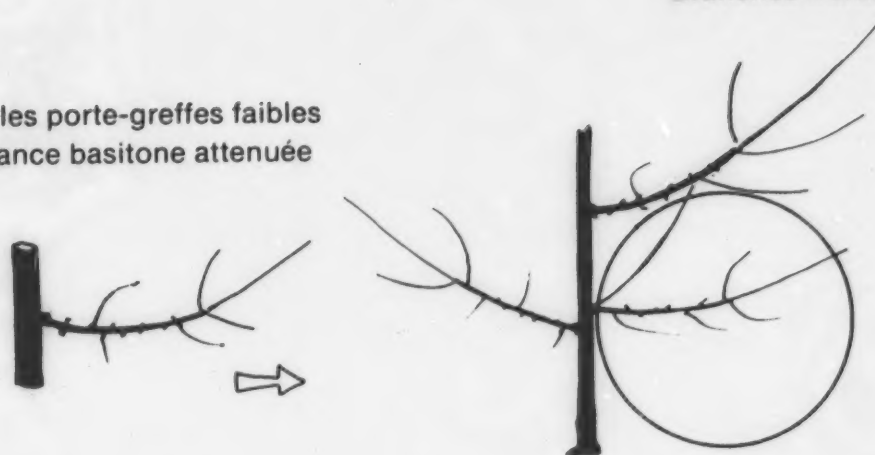


Figure 9 Two tendencies with type II fruiting.

Type II fruiting

With semi-vigorous rootstocks
Strong basitonic tendency



With weak rootstocks
Reduced basitonic tendency

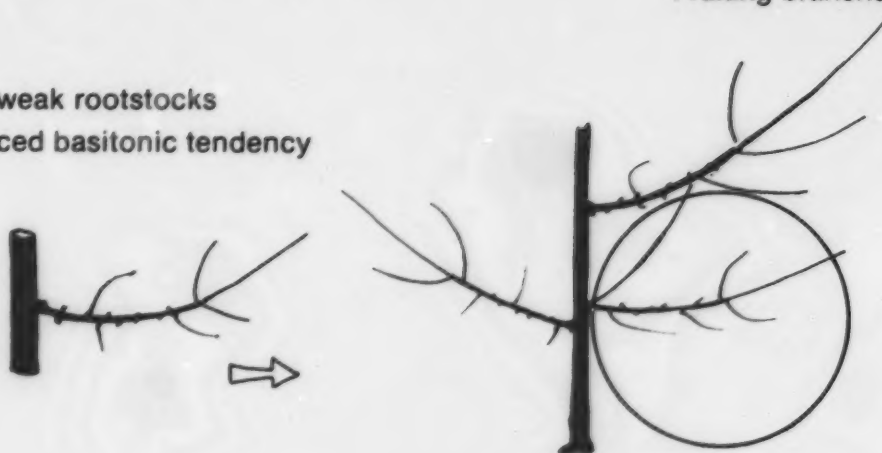


Figure 10

Les types III: intermédiaires entre les spurs et les variétés à tendance acrotonne.

Type III: intermediate position between spurs and varieties having acrotonic tendencies.



Figure 11 Branche fruitière de Golden Delicious âgée de 3 ans.

Fruiting branch of Golden Delicious, 3 years old.



Figure 12 Évolution des branches fruitières chez les types IV. Observée également sur des variétés du type III telles que Melrose.

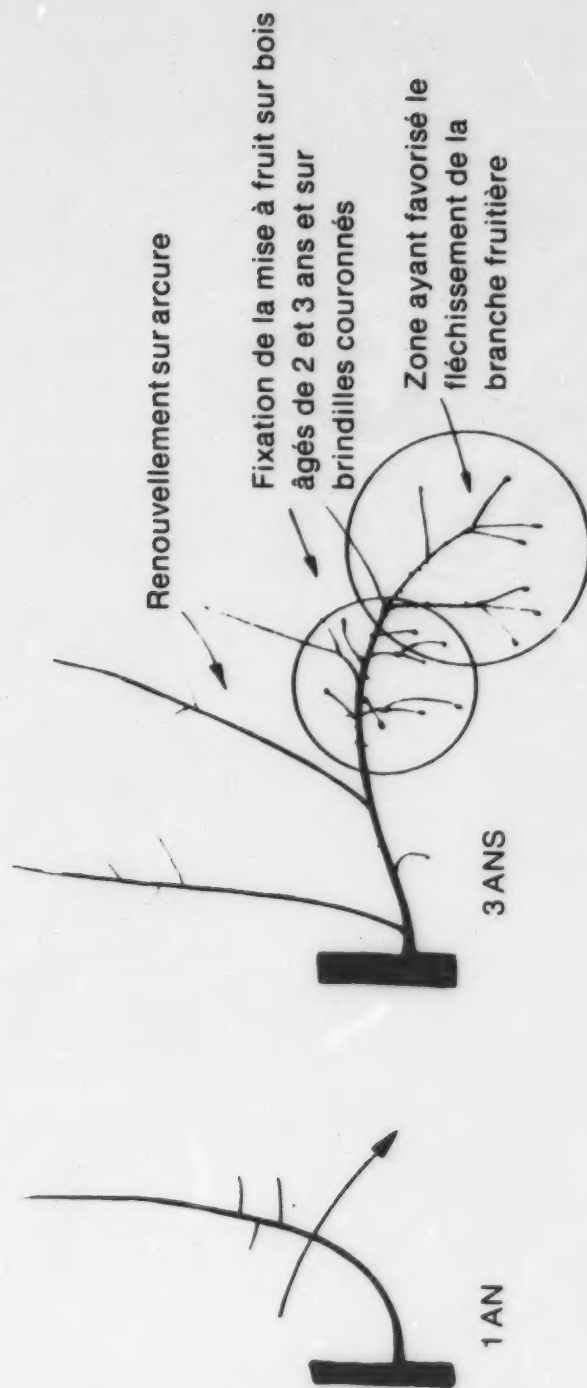


Figure 12 Evolution of fruiting branches in type IV varieties. Also observed in type III varieties, such as Melrose.

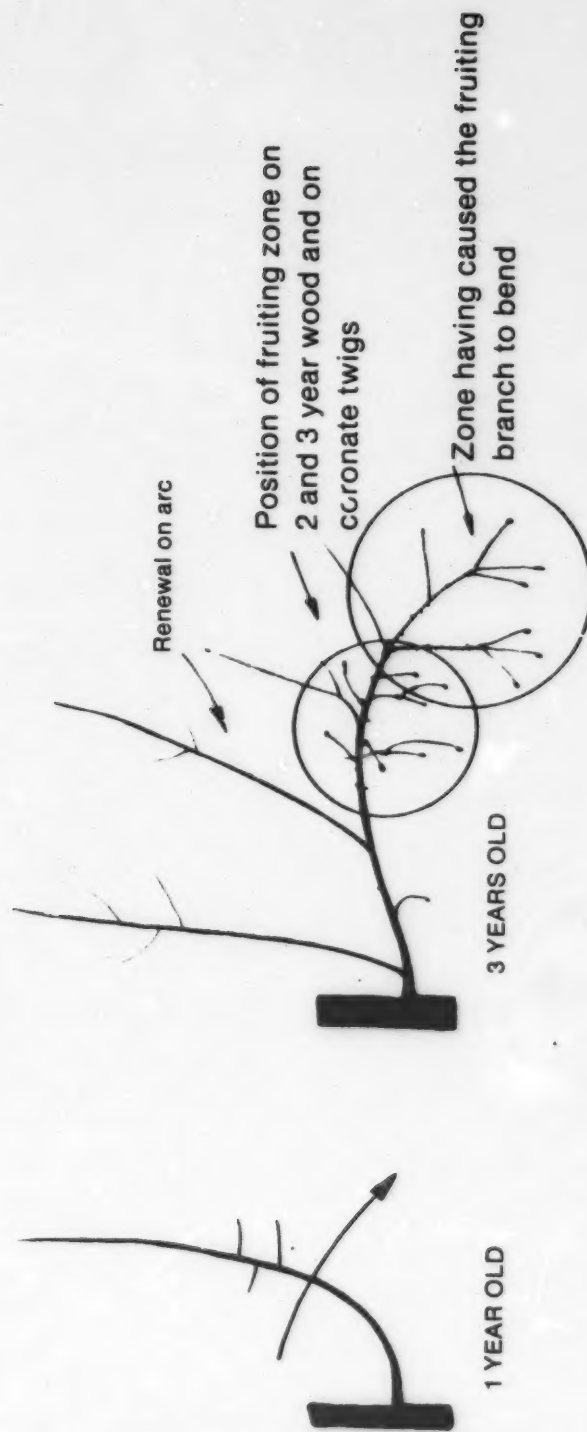


Figure 13 L'axe vertical.

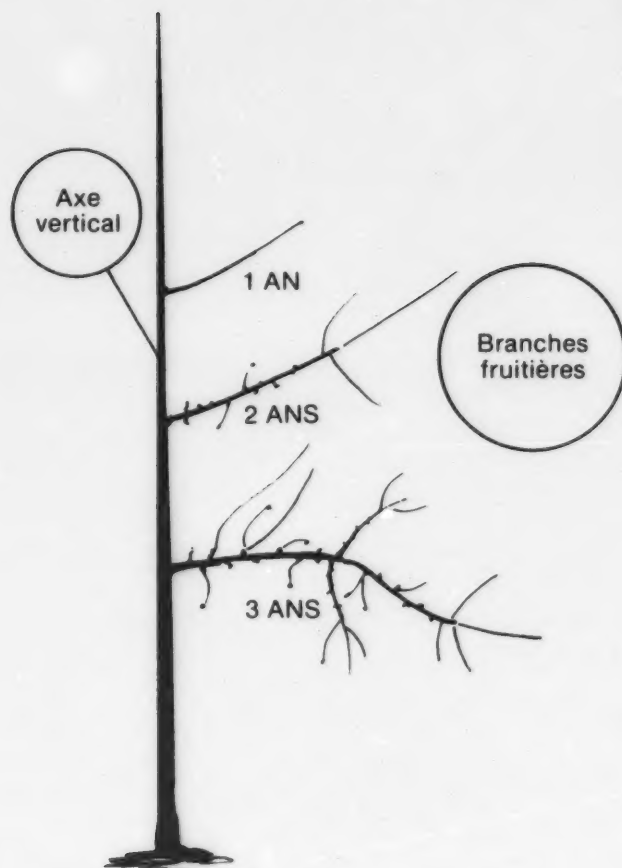


Figure 13 The vertical axis.

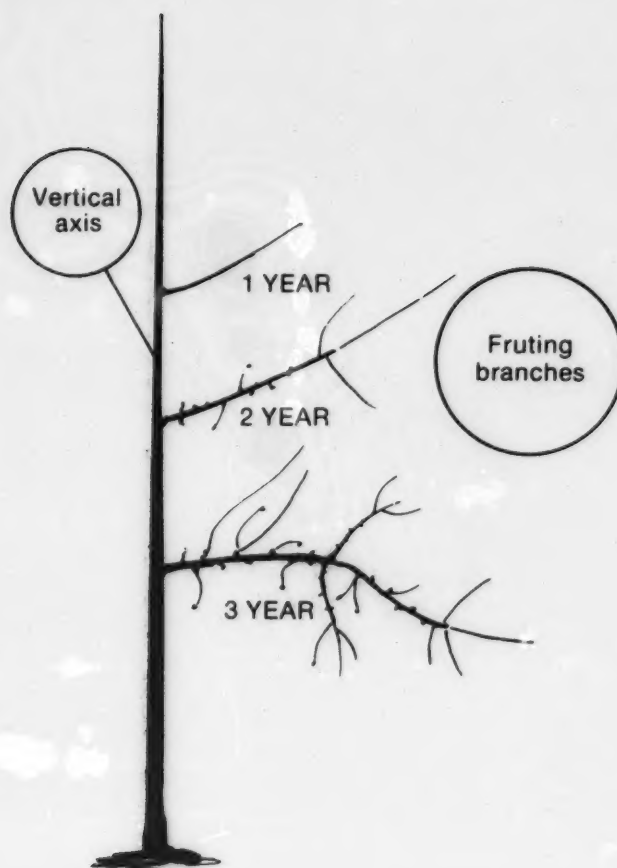
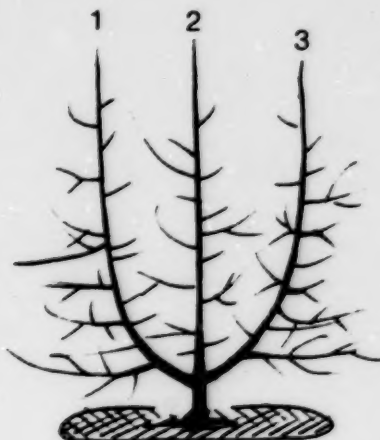


Figure 14 L'axe vertical rentre dans la composition de différentes formes.

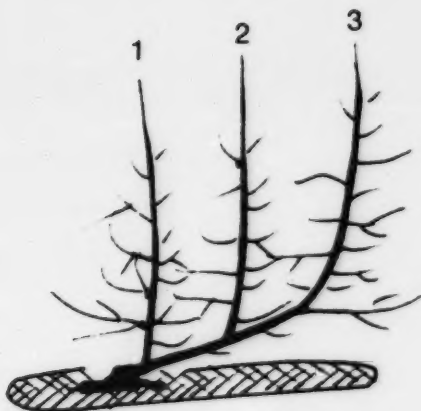
The vertical axis is used in the composition of various forms.



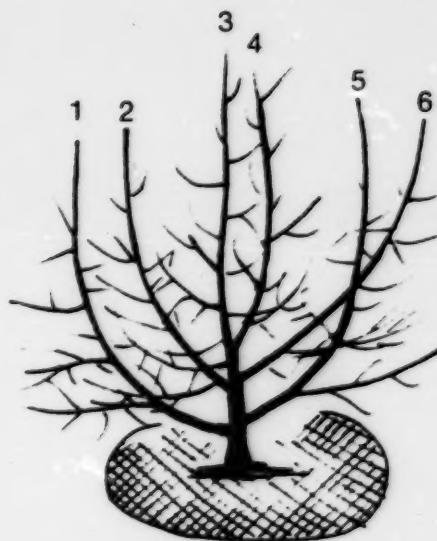
Axes verticaux
Vertical axis



Palmette «3 axes»
"Triple-axis" Palmette



«Drapeau» rééquilibré
Rebalanced "flag"



Buisson
Bush

Figure 15

JERSEY MAC sur M 26 5e pousse

- à droite: le renouvellement du prolongement de l'axe se prépare naturellement (flèche).

JERSEY MAC on M 26 5th season

- right: Renewal of the extension of the axis occurs naturally (arrow).



Figure 16a Les pincements d'été.

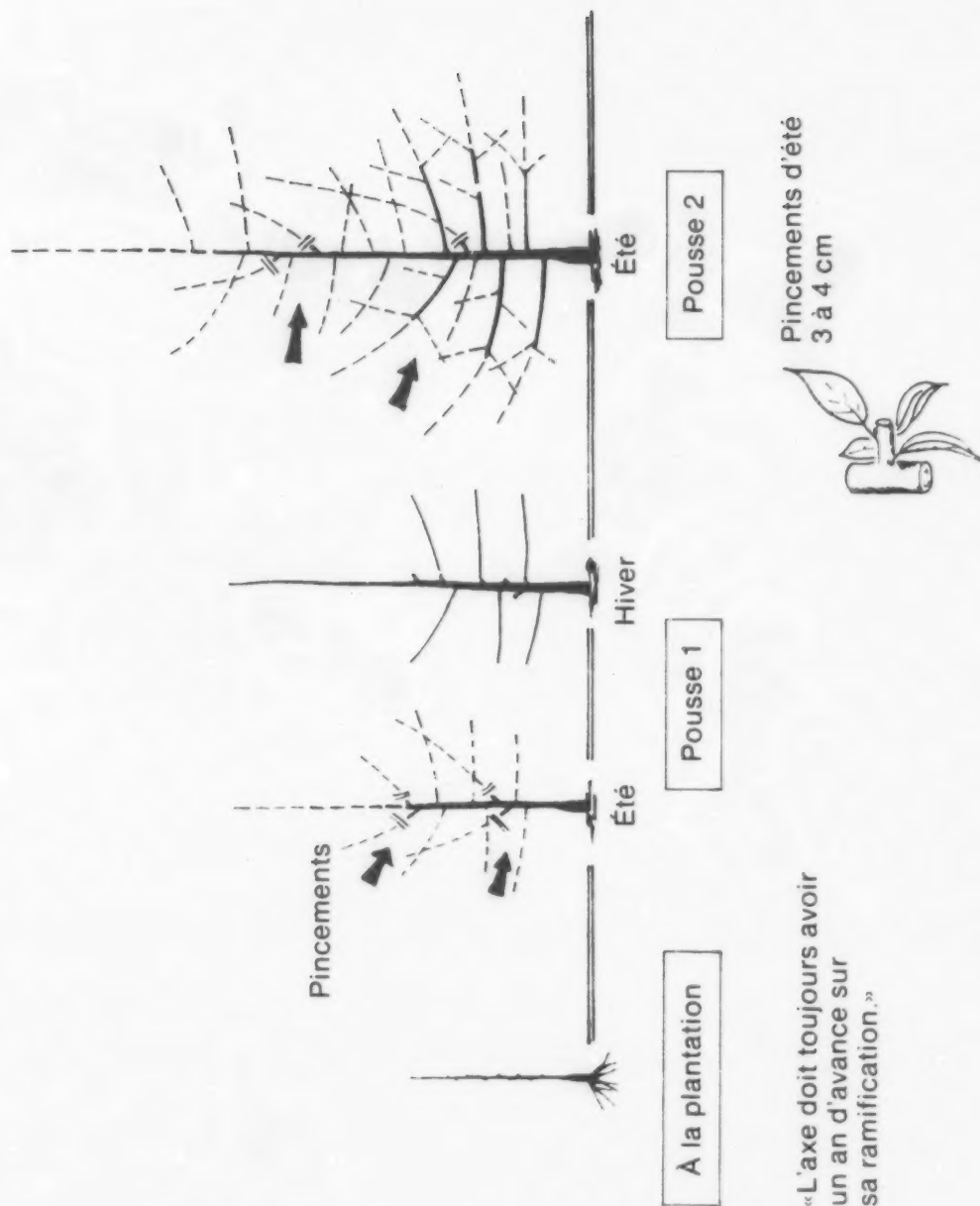
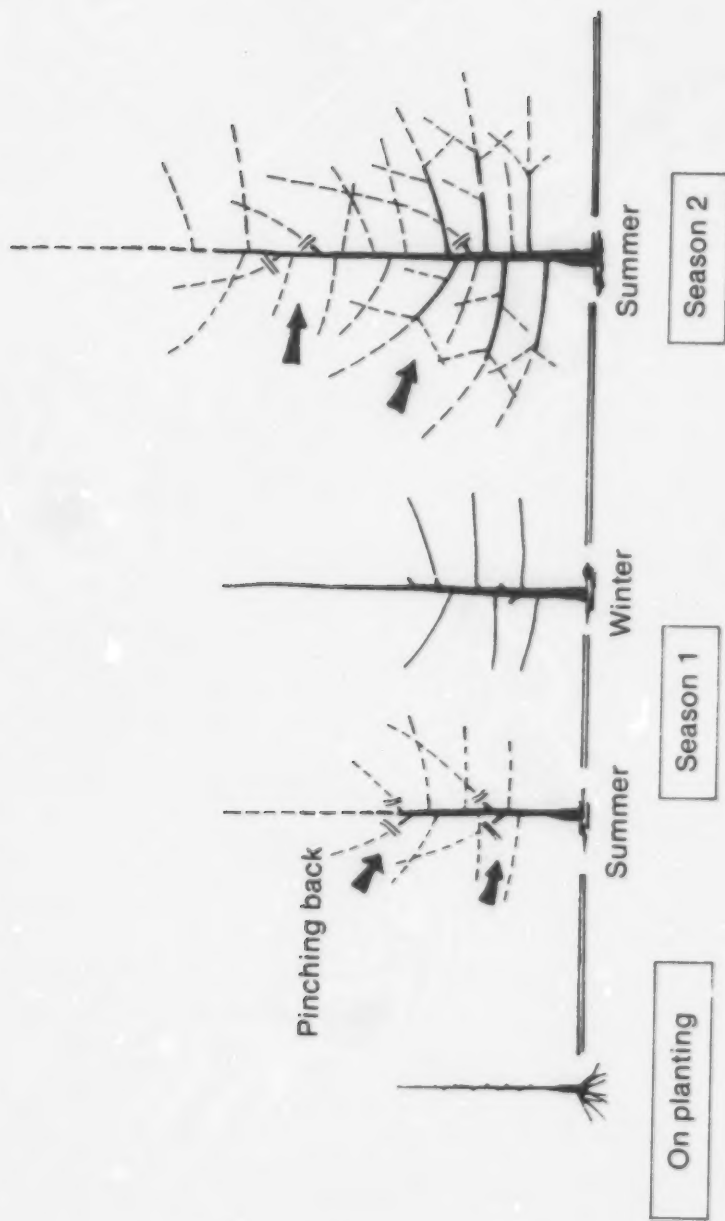


Figure 16a Summer pinching.



Summer pinching
3 to 4 cm



Figure 16b

Golden Delicious, 2 pousses après greffe sur table et plantation directe. En hiver, suppression des rameaux en surnombre. (X)

Golden Delicious, 2 seasons after bench grafting and direct planting. Winter removal of excess branches. (X)



Figure 17a

Arrêt de l'axe Golden Delicious sur M 26, 8 ans en axe vertical.
Phases d'arrêt et de renouvellement du haut de l'axe.
Arrêt sans intervention sur brindilles couronnées.

Termination of axis growth, Golden Delicious on M 26, 8 years old,
vertical axis. Termination and renewal phases of the top of the axis.
Termination of growth without intervention on coronate twigs.



Figure 17b

Arrêt de l'axe Golden Delicious sur M 26, 8 ans en axe vertical.
Phases d'arrêt et de renouvellement du haut de l'axe.
Retour par la taille sur un rameau latéral l'année précédente.

Termination of axis growth, Golden Delicious on M 26, 8 years old,
vertical axis. Termination and renewal phases of the top of the axis.
Heading back of a lateral branch the previous year.



Figure 18a Renouvellement des branches fruitières.

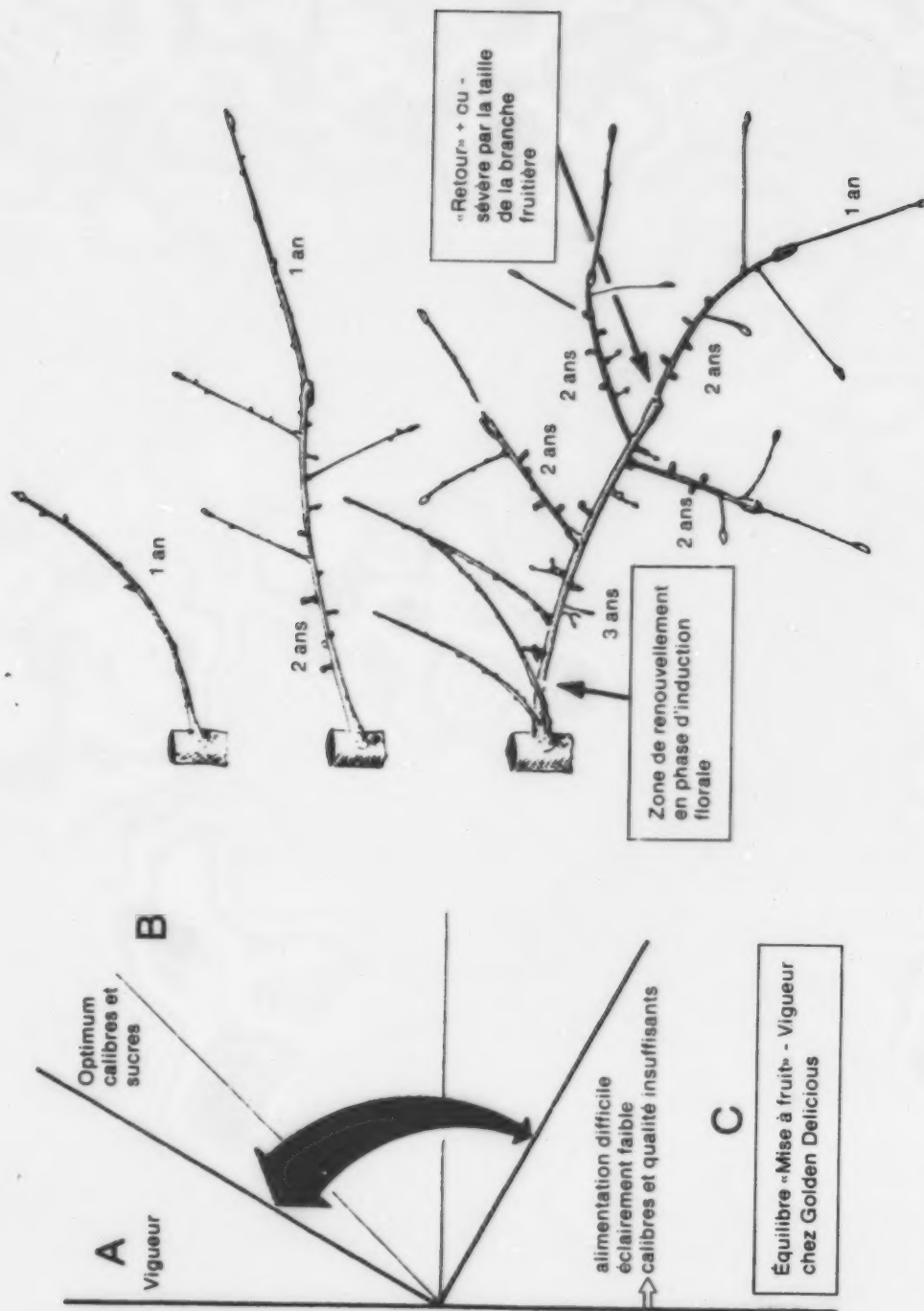


Figure 18a Renewal of fruiting branches.

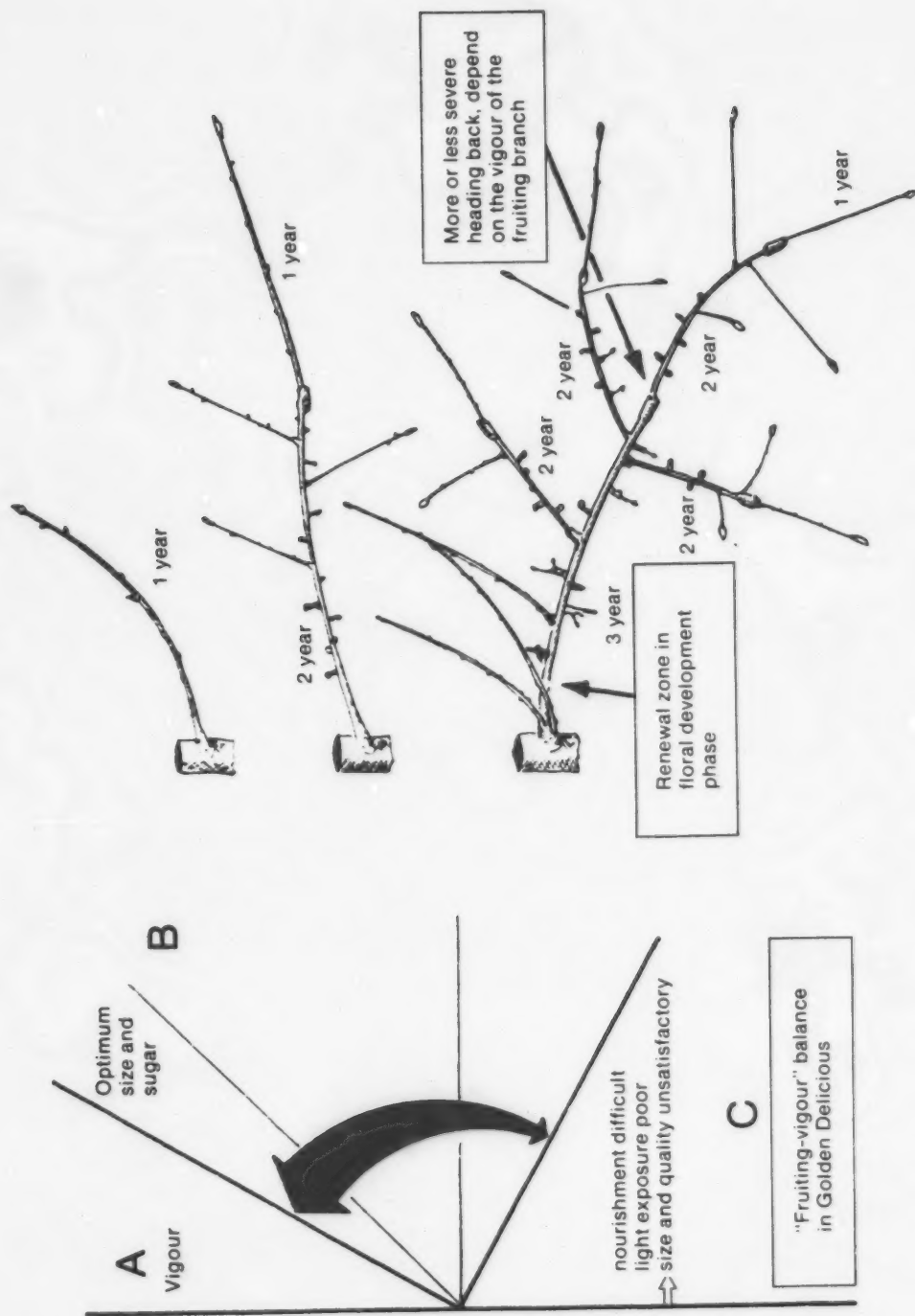


Figure 18b Branche fruitière âgée de 3 ans.

- 1 zone à supprimer;
- 2 zone de production;
- 3 zone de renouvellement.

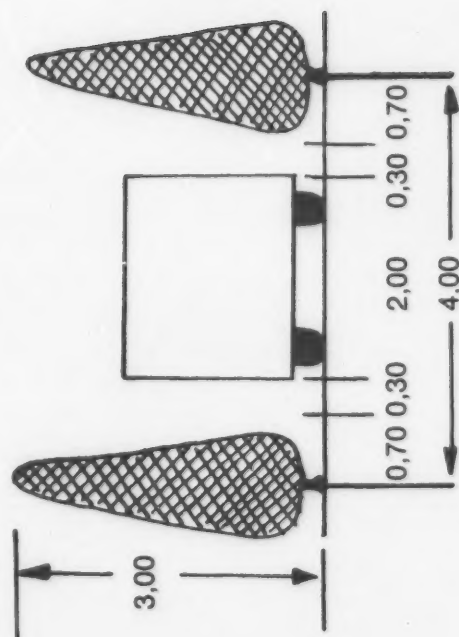
Fruiting branch, 3 years old.

- 1 zone to be removed;
- 2 production zone;
- 3 renewal zone.



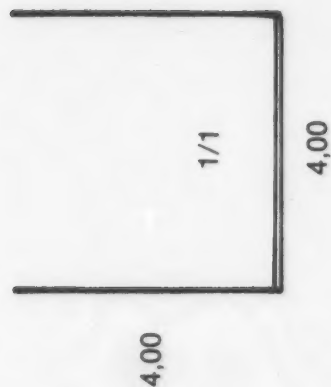
Figure 19 Rapport hauteur des arbres-largeur entre rangs.

Ratio between tree height and distance between rows.



GOLDEN DELICIOUS sur M9 dont la HAUTEUR est INFÉRIEURE à 4m

GOLDEN DELICIOUS on M9 HEIGHT under 4 m



au-delà de 4m de HAUTEUR le RAPPORT HAUTEUR DES ARBRES - LARGEUR entre les RANGS est de 1 (conduite en axe)

at HEIGHTS over 4 m the RATIO between TREE HEIGHT and DISTANCE between ROWS is 1 (axis management)

Figure 20 Équilibre mise à fruit-vigreur et distances sur le rang et entre rangs

Fruiting-vigour balance and distances between trees and between rows.

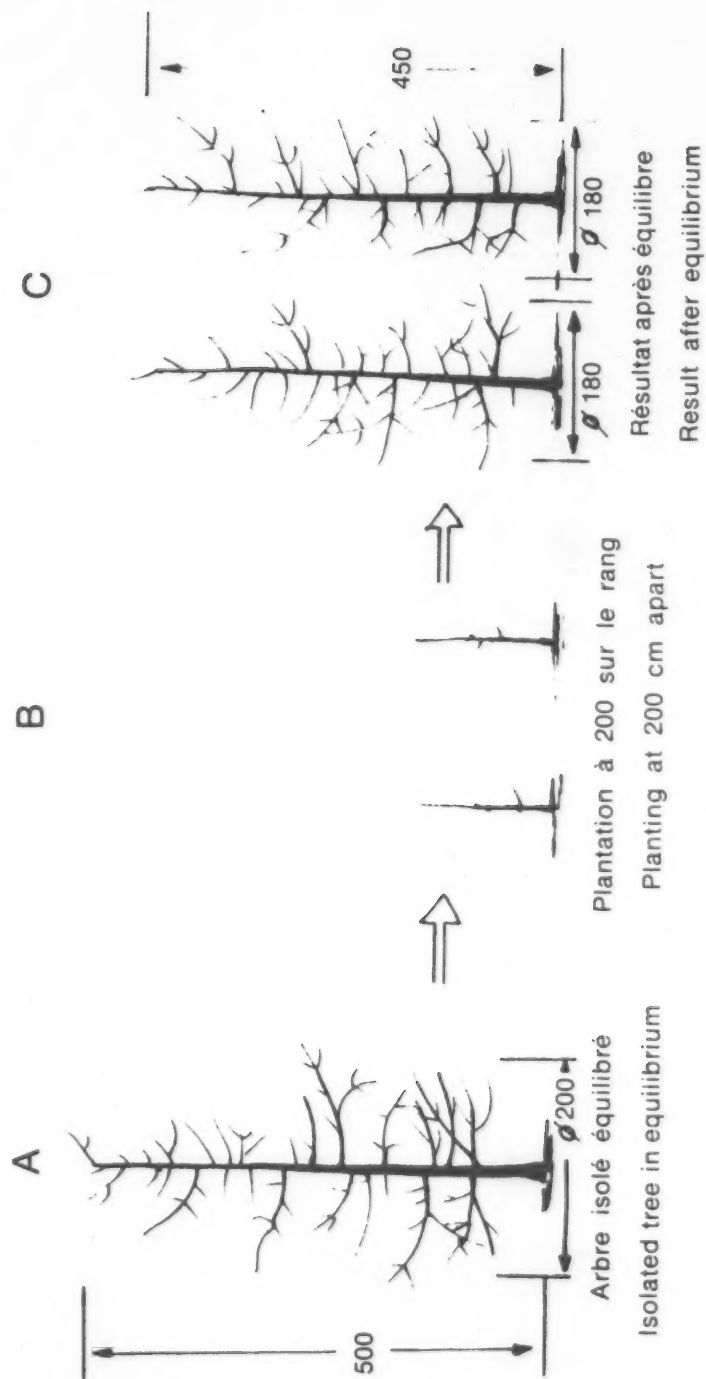
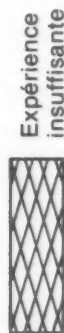


Figure 21

Distance sur la ligne et en interligne avec l'axe vertical
selon le type de fructification et les porte - greffes



	TYPE DE FRUCTIFICATION	M 9	M 26	M 106	M 7
I	«SPURS» ROUGE DELICIOUS	..... .....	..... .....	150 x 450 200 x 500	150 x 450 200 x 500
II	REINE DES REINETTES	150 x 450 175 x 450	175 x 450 200 x 500	..... .....	..... .....
	REINETTE DU CANADA	175 x 450	200 x 500	.....	.....
III	GOLDEN DELICIOUS	125 x 400 150 x 450	150 x 400 175 x 450	175 x 400 250 x 550	
		125 x 400 150 x 450	150 x 400 200 x 450	..... .....	..... .....
IV	GRANNY SMITH	125 x 400 150 x 450	150 x 400 200 x 450	..... .....	..... .....

SUD - OUEST

* Lorsque pour une association donnée 2 distances sont porposées, la première combinaison est celle généralement utilisée, la seconde est indiquée pour sol très poussant.

Noter: Type II de Fructification: Avec le M 26 seulement en sols moyens à peu fertiles
Pour CANADA: grandes distances en raison de sa longue ramification.

Type III de Fructification: GOLDEN DELICIOUS sur M 106 est en général plantée à 5 m x 2 m en bons sols.

Type IV de Fructification: GRANNY SMITH reste filiforme même avec le M 26 FLORINA, par contre, est sensible à la basitonie conférée par le M26.

Figure 21

Distance between trees and between rows with vertical axis by fruiting type and rootstock

	FRUITING TYPE	M 9	M 26	M 106	M 7
I	"SPURS"	.....	.....	150 x 450	150 x 450
	ROUGE DELICIOUS	.....	.....	200 x 500	200 x 500
II	REINE DES REINETTES	150 x 450 175 x 450	175 x 450 200 x 500	.....	.....
	REINETTE DU CANADA	175 x 450	200 x 500	.....	.....
III	GOLDEN DELICIOUS	125 x 400 150 x 450	150 x 400 175 x 450	175 x 400 250 x 550	.....
		125 x 400 150 x 450	150 x 400 200 x 450	.....	.....
IV	GRANNY SMITH	125 x 400 150 x 450	150 x 400 200 x 450	.....	.....



INSUFFICIENT
EXPERIENCE



COMBINATION NOT ADVISED
WITH AXIS

* When 2 distances are suggested for a given combination, the first is the one most commonly used, while the second is recommended for very fertile soil.

Note: Type II Fruiting: With M 26 only in moderately fertile to infertile soils
For CANADA: large distances because of its long branches.

Type III Fruiting: GOLDEN DELICIOUS on M 106 is generally planted at 5 m x 7 m in good soils.
Type IV Fruiting: GRANNY SMITH remains filiform even with M 26.
FLORINA, however, is sensitive to the basitony conferred by M 26.

Figure 22a

QUERINA (Florina). Résistant Tavelure. Après 2 pousses au verger.
Chaque croquis représente la moyenne de la croissance de 6 arbres.

- à gauche sur M 9,
- à droite sur M 26.

QUERINA (Florina). Scab-resistant. After 2 seasons in the orchard.
Each sketch represents the average growth of 6 trees.

- left on M 9,
- right on M 26.

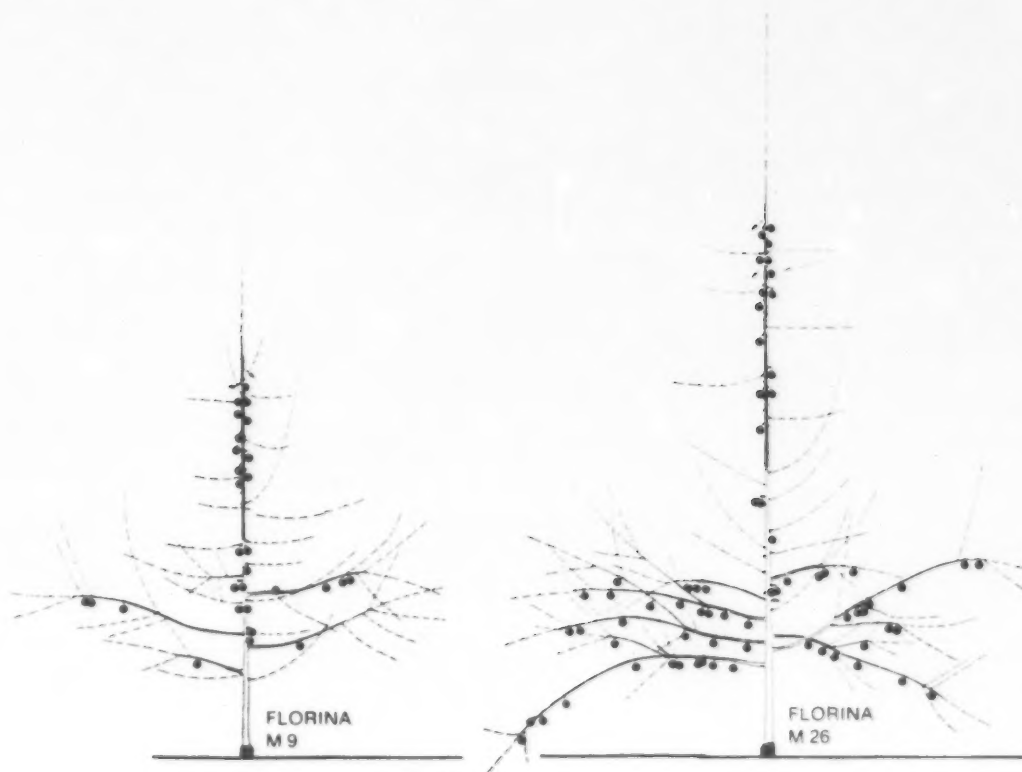


Figure 22b

QUERINA (Florina). Résistant Tavelure. Après 2 pousses au verger.
Chaque croquis représente la moyenne de la croissance de 6 arbres.

• M 106

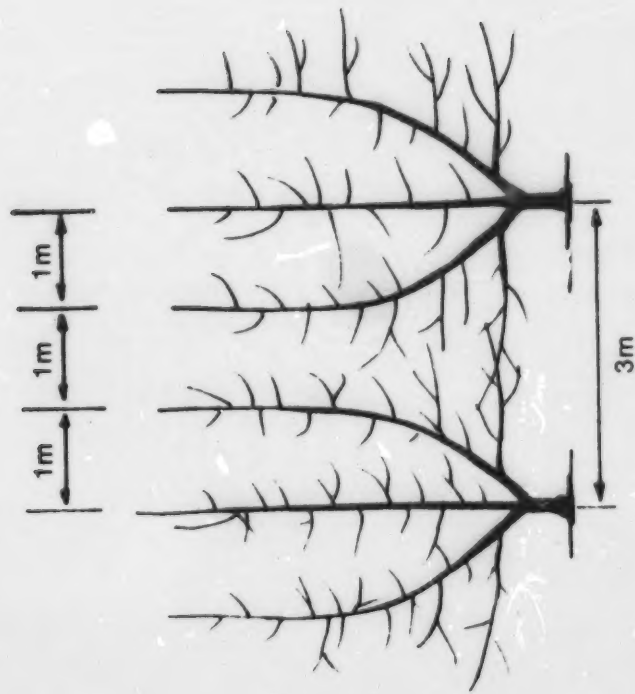
QUERINA (Florina). Scab-resistant. After 2 seasons in the orchard.
Each sketch represents the average growth of 6 trees.

• M 106

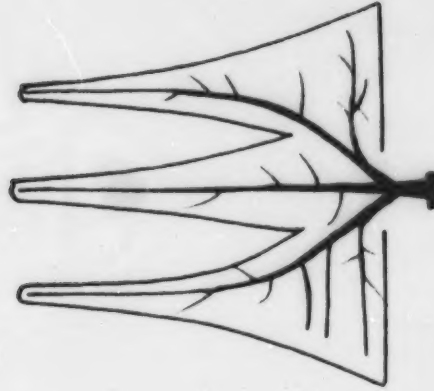


Figure 23 La palmette 3 axes.

Triple-axis palmette.



avec M 106 un axe tous les mètres
with M 106 one axis per metre



3 axes verticaux sur un même tronc
3 vertical axes on the same trunk

Figure 24a Formation par rabattage du scion après la première pousse.

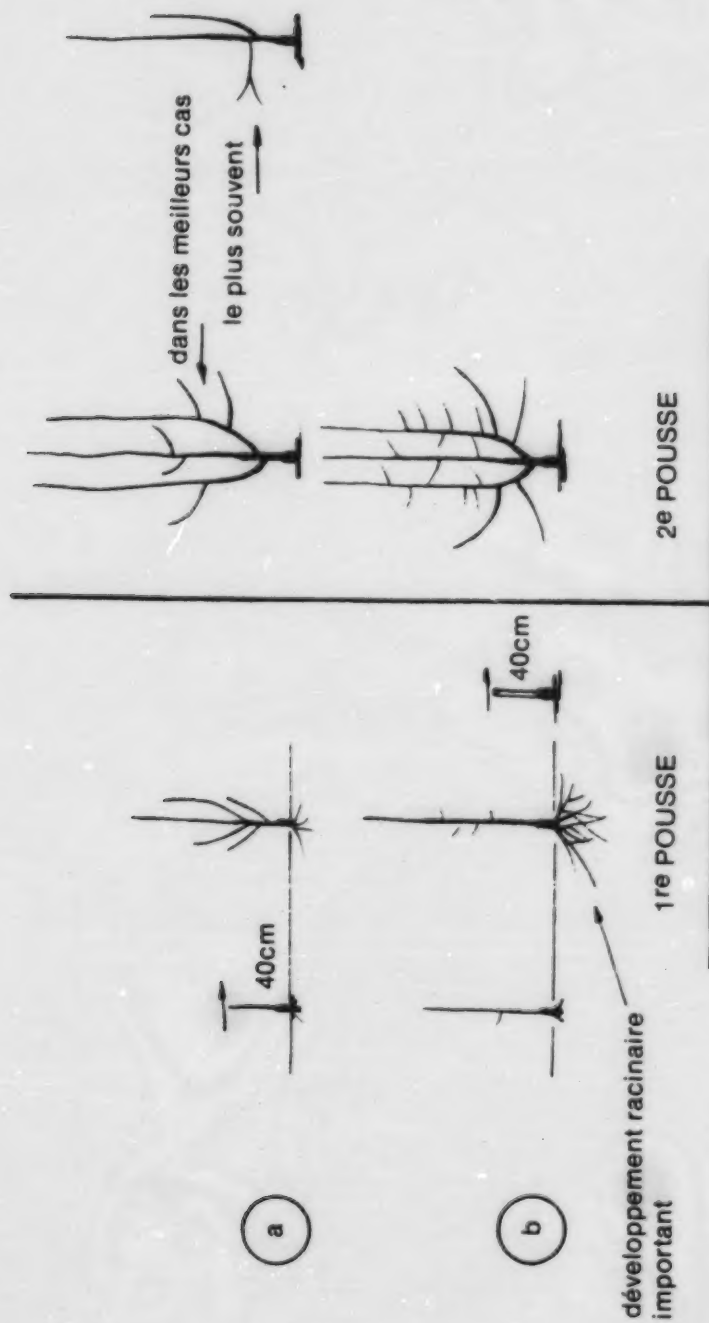


Figure 24a Training by cutting the scion after the first season.

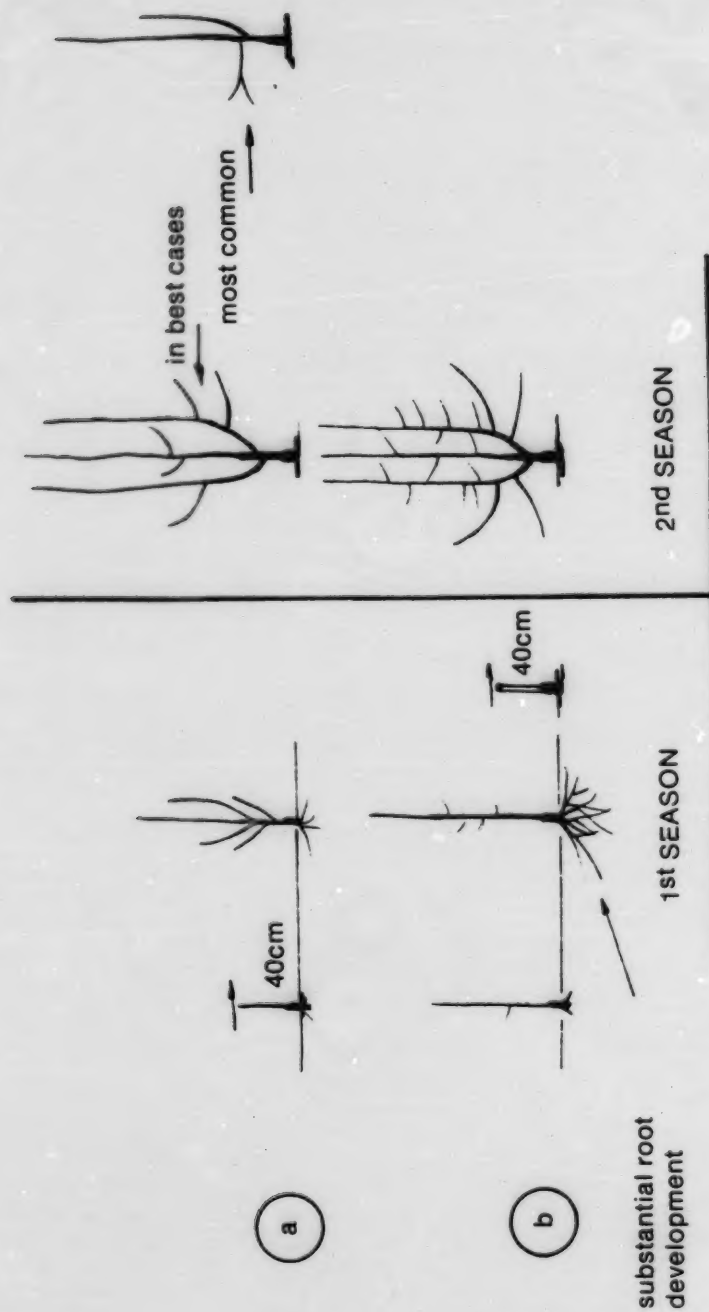


Figure 24b

Belchard (Golden x Reinette Clochard) 2 ans.
Scion rabattu à 40 cm après la première pousse.

Belchard (Golden x Reinette Clochard) 2 years old.
Scion cut back to 40 cm after the first season.

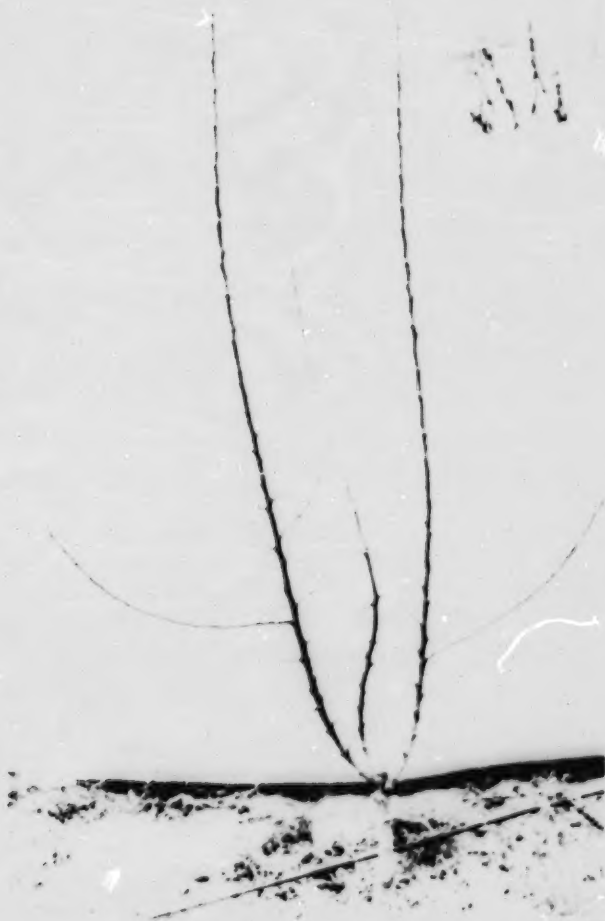


Figure 25a

Granny Smith sur M 106, 3 ans.
2^e pousse après rabattage du scion.
Scion rabattu à 40 cm après la première pousse.

Granny Smith on M 106, 3 years old.
2nd season after cutting back the scion.
Scion cut back to 40 cm after the first season.

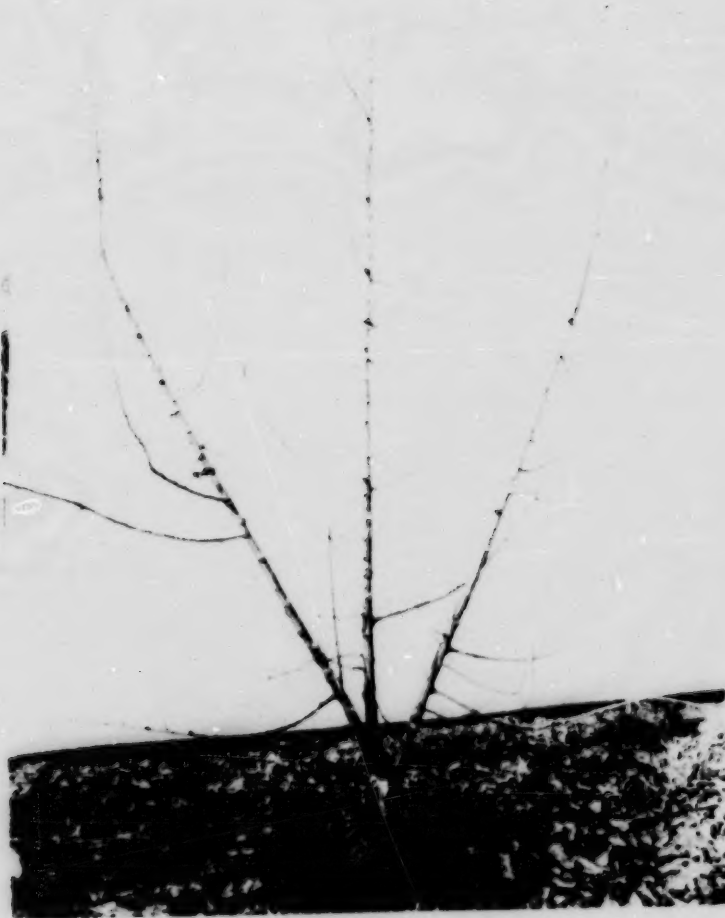


Figure 25b

Lysgolden (Golden sans russeting) sur M 106
après 5 pousses. Après taille.

Lysgolden (golden without russeting) on M 106
after 5 seasons. After pruning.



Figure 26

Passe Crassane sur Cognassier BA 29 en axe vertical 6 ans
(1,50 m x 5 m).

Passe Crassane on Quince BA 29, vertical axis, 6 years old
(1,50 m x 5 m).

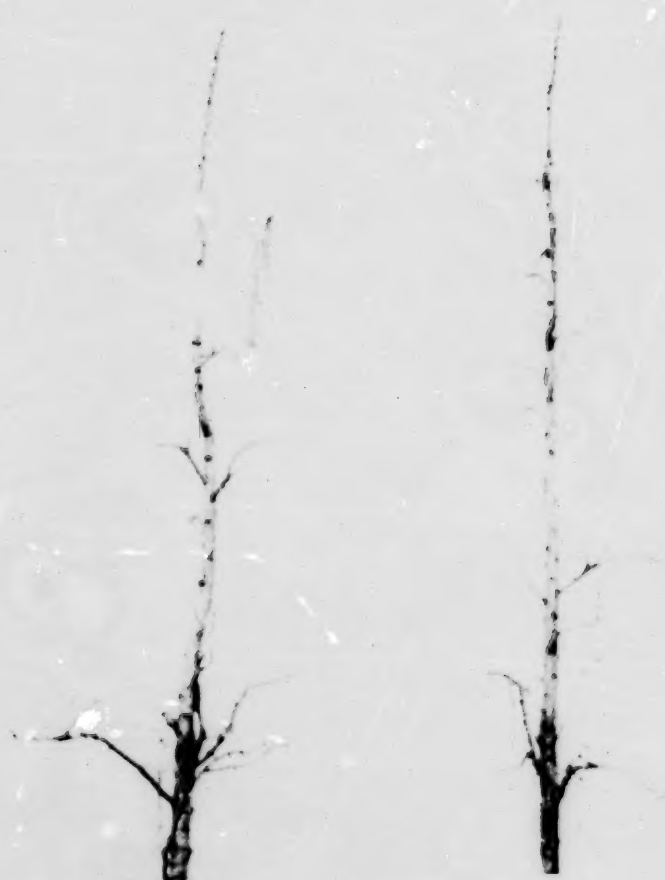


Figure 27

Stanley en axe vertical sur semis de *Prunus mariana* 8-1
après 3 pousses.

Stanley, vertical axis, on seedling stock of *Prunus mariana*,
P 8-1, after 3 seasons.



**Apple Tree Management in Flat,
Vertical-Axis and Palmette Forms,
by Cultivar Fruiting Type
Experiments with other Species:
Plum, Peach, Pear, Cherry**

Jean Marie Lespinasse

Institut national de la recherche agronomique
Centre de recherches de Bordeaux
Station d'arboriculture fruitière
Pont-de-la-Maye
France





An evolution is occurring in young French orchards, which can be described schematically as follows:

- . An increase in single-row tree densities per hectare;
- . the use of flat or low-volume forms;
- . pruning better suited to the fruiting type which the variety represents.

In fact, if we look closely at older orchards, a number of criticisms can be levelled at the traditional forms (goblet, overly structured hedgerows, etc).

- . Training time appears to be too long;
- . the forms are not always appropriate to the branching and fruiting type which the cultivated variety represents;
- . trees which in many cases are too large in terms of volume lend themselves only with some difficulty to the use of constantly improving mechanized assistance;
- . pruning keeps the tree too small, particularly in terms of height, and in a state of imbalance, and causes overly rapid aging of the production zone. Because of inadequate light exposure, it is unable to renew itself.

Frequently the fruit grower chose a form and, by pruning, forced the tree to maintain it.

Today, on the basis of observed results, we feel that it is preferable to make use of *the characteristics of the cultivated variety and to allow it to organize itself according to its own fruiting habits*. The fruit grower will intervene to assist it in achieving and then maintaining a balance between vegetative development and fruit production: this is what we describe as TREE MANAGEMENT.

1 Economic and cultural questions facing the modern fruit grower

These questions appear to relate to three areas of orchard management:

- . reduction of pruning and harvesting time;
- . entrance into rapid production;
- . achievement of a better quality product and regular production from year to year.

1.1 The cost of producing fruit in the orchard can be substantially lowered by *reducing the time required for pruning and harvesting*.

Improvement of this nature requires two fundamental choices in particular:

- . the introduction of low-volume forms (involving the vertical axis in particular) or flat, palmette forms. These forms facilitate mechanical assistance and allow the tree to develop in height without having to be artificially halted by pruning;
 - . the use of simple, rapid renewal pruning. This pruning should be adapted to the fruiting type represented by each variety.
- (These two aspects are dealt with in more detail in chapters 2 and 3)

Figure 1

1.2 Entrance into rapid production. In fact, we do not know whether orchard rotation in the future will be more rapid than it is at the present time. In any case, entrance into early production (from the 3rd season in the orchard) offers substantial benefits. However, this early bearing must not prejudice the future of the orchard by exhausting the trees too soon.

Figure 2

These results can be obtained by means of three related operations:

- a. Management promoting early bearing;
- b. adequate vigour to allow the tree to develop rapidly;
- c. increased densities within the limits of the volume required for a balance between fruiting and tree vigour.

Thus the use of overly dwarfing material appears to us less and less desirable in terms of this type of balance, since we feel that vigour is essential, first, in order to obtain maximum production volume rapidly, and secondly, to promote renewal of the fruiting branches once the trees reach the age of ten years (fig 2).

1.3 Achievement of a better quality product and regular production from year to year

The results presented below come from a study performed on the variety GOLDEN DELICIOUS in goblet form, grafted onto seedling stock, after 10 years.

Experience in recent years has shown us that these observations frequently assist us in achieving a better understanding of tree reactions. As a result, we feel that it is necessary to present the essential features of this experience.

First we shall look at three characteristics of spur bearers in terms of the angle of the branches on which they appear: fertility, fruit size and sucrose content.

In figure 3, vigour is represented by the angle of the branches on the same tree; the vertical branches are, of course, the most vigorous.

Figure 3

Branch fertility

As we know, this increases with the angle of the branch. It is expressed in terms of the number of flowers per metre of branches (there were 238 metres of branches on the tree studied). There were 3.4 flowers per metre on the vertical branches, 5.6 per metre in the horizontal position and 8.4 per metre on the drooping branches.

Size

From 0 to 30°, we observe heterogeneity and reduced average size, probably as a result of competition between the vegetative shoots for food reserves.

From 30 to 120°, they are relatively homogeneous.

From 120 to 180°, there is a marked decline in size.

Sucrose

In the case studied, sucrose was measured individually for each fruit in grams per litre. Normally we consider 30 grams per litre to be the lower limit for good quality.

From the vertical to 120°, the sucrose content remains above 33 grams per litre, but between 30 and 40°, it reaches 39 grams. This position under the study conditions could correspond to an ideal equilibrium between fruiting and vigour. Beyond 120°, we note a marked decline.

Finally, we observe that the size of the zone with poor light exposure increases with the number of branches drooping below the horizontal.

Thus, on the basis of these three observations, which we can all readily verify, we can say that schematically *there are three distinct zones on a tree*: A, B and C.

- . Zone A, from 0 to 30°, with a clear predominance of vigour (particularly in the case of trees restricted to an overly limited volume).
- . Zone B, from 30 to 120°, the zone of balance between fruiting and vigour, with the optimum between 30 and 45°.
- . Zone C, from 120 to 180°, with substantial fruiting capacity when light exposure is adequate, mediocre quality and insufficient skin colour in red varieties.

Figure 4

In figure 4, let us consider the three zones A, B and C (on the left), showing schematically the three relationships between fruiting and vigour in the fruiting branch, and look at their evolution on the tree with age and with a traditional height-limited form, for example a hedgerow seen from the side (the time given for each period - one to four years, four to six years, over six years - may vary depending on growing conditions).

- . From one to four years, the tree retains its conical appearance, it develops and we find both zone A and zone B.
- . From four to six years, it reaches its planned volume, the balance zone B is large, but zone A, in general, persists. The tree moves progressively from a conical to a cylindrical shape, and zone C has already begun to appear.
- . After six to seven years, the phenomenon continues and we move from a cone sitting firmly on its base to a reversed cone on its tip. The zone of equilibrium between fruiting and vigour "B" is rapidly becoming smaller, zone A sometimes resembles a "willow crown" and zone C is assuming alarming proportions, although severe pruning may bring about renewed vigour.

It is important then to specify the conditions under which it will be possible to maintain zone "B" on a tree and to promote the optimum development of this ideal zone of equilibrium between vigour and fruiting capacity.

2 Forms corresponding to the morphology of the cultivated variety

Important variations can be observed between the cultivated varieties in terms of how they develop and bear fruit. We have distinguished 4 fruiting types:

2.1 The four fruiting types of the apple tree

- . Type I - Spurs

In these varieties, the scaffold branches are conical and have a strong tendency to develop sub-branches on their lower surface (basitony) (fig 5 and 6).

The predominance of the trunk (leader) is not particularly marked but varies with the different varieties.

The majority of the spur bearers are located on those parts of the branches which are two years old or more. They continue to produce on old wood.

Since the fruit remains close to the scaffold branches, the fruiting zone follows the main structure of the tree, in contrast to what we observe in types III and IV.

. Type II - Reference variety: REINE DES REINETTES

These varieties are easy to manage in the free-growing form: the scaffold branches are very solidly attached to the trunk, with strong, wide angles.

These trees normally show greater predominance of the central leader than do the Spurs. However, basitonic reactions remain strong and reinforce the lower branches, particularly with vigorous rootstocks. This phenomenon is also evident in certain members of type III, such as GLOSTER, RED DELICIOUS and WINESAP.

The majority of the spur bearers are located on those parts of the branches which are from two to four years old.

As a result, the fruiting zone has little effect on the habit of the tree.

Figures 5 and 6

. Type III: Reference GOLDEN DELICIOUS

The trunk is clearly dominant over all its branches. This characteristic makes the varieties of this group particularly suited to "vertical axis" management (fruiting branches inserted directly on the trunk).

The fruiting branches are set at a wide angle (60° to 90°) to the trunk, thus facilitating fruiting.

There are numerous coronate twigs.

The fruiting zone moves rapidly away from the centre of the tree and, in the natural state, causes a bending of the main branches. Fruit is no longer borne on these branches (except on those portions two to three years old) but on their ramifications, which should be renewed to avoid this bending.

. Type IV: Reference ROME BEAUTY

These varieties rarely develop offshoots on the lower portion of their scaffold branches. The ramifications located on the upper third of the trunk give the tree a cylindrical appearance (acrotonic tendency). This type of behaviour is the inverse of that observed in the Spurs (basitonic tendency).

The scaffold branches become elongated through successive arcs. The movement of the fruiting zone towards the outside of the tree is more rapid than with GOLDEN DELICIOUS. However, there is a stabilization of this movement as soon as the tree achieves a balance between vegetative growth and production.

The majority of the spur bearers are located on young 1- and 2- year branches, either in a terminal position or in a lateral position following arcing.

During the development of the tree (first years of growth), the branches generally have an upright habit.

2.2 Forms proposed for each variety group

Certain forms appear to correspond more closely to the habit and fruiting type of each variety. Their use makes it possible to take better advantage of the tree's vegetative potential, to improve the quality of the product and to facilitate cultural intervention.

Figure 7 shows schematically a distribution of the forms on the basis of the 4 fruiting types. The criteria used in selecting these forms are:

- . respect for the fruiting type;
- . optimum lighting of the production zone;
- . current cultural imperatives, in particular the desire for "flatter" trees in the rows to facilitate mechanical assistance.

Figure 7

. Type I fruiting varieties: Spurs

Compact and having a large number of spur bearers, their basitonic development varies with the different varieties and the predominance of a central branch is not always evident.

Three solutions have been suggested:

- . *single-axis management*, with particular attention to proper development of the leader and promotion of branches as widely angled as possible (fig 8, left);
- . *development of several scaffold branches with a central axis* (bush form). Scaffold branches which are juxtaposed and in excess will be gradually eliminated;
- . *"volume management"*, promoting the development of very low scaffold branches by cutting the scion back on planting (fig 8, right).

Figure 8

In any case, it is advisable not to flatten trees of varieties having basitonic tendencies into rows. Their tendency to develop offshoots in the lower portion of the tree expresses itself in all directions, making cultivation in flat forms (palmettes) very difficult, since the skirt becomes too thick.

. Type II fruiting varieties

These varieties are characterized by a trunk and branches forming a strong structure.

Unlike certain Spurs, they show a clear predominance of the central leader, but their basitonic tendency appears as early as the 2nd season in the orchard and persists more or less in relation to the vigour of the rootstock.

With vigorous rootstocks, the varieties respond well to the free-growing form.

Very good angles of insertion of the scaffold branches, the lower ones being particularly strong (fig 9, above).

This low, compact "skirt" does not flatten readily into rows (same observation as for Spurs). However, moderately vigorous rootstocks (106) permit the adaptation of these varieties to palmette-type forms.

With weak rootstocks, the predominance of the central leader persists but the basitonic tendency becomes less evident or even disappears, and vertical-axis culture then becomes possible (fig 9, below). The fruiting branches are situated directly on the axis and not on the multiple structures of the situations described above. The generally wide angles of this fruiting type facilitate this kind of management. However, care must be taken to ensure that the fruiting branches at

the base of the axis do not themselves become future scaffold branches, thus forming a goblet shape.

Figure 9

. Type III fruiting varieties

This is a group of varieties having morphological characteristics which fall between those of the basitonic-development bush (Spurs) and the acrotonic varieties of the GRANNY SMITH or ROME BEAUTY type (fig 10).

Figure 10

In trees growing in the natural state, the lower branches do not come into competition with the axis, as in the more basitonic types. All of the branches are distributed around the axis in a density and hierarchy specific to the variety: the tree resembles a more or less truncated cone.

The lateral branches rapidly begin fruiting. These fruit-bearing branches are readily renewed after bending under the weight of the fruit. In some varieties this bending occurs very early. This is true with JONATHAN, which has very flexible branches. Fruiting occurs very early, often before the tree has reached a sufficient level of development.

Figure 11

These type III fruiting varieties are generally the easiest to cultivate. They adapt without difficulty to any form lacking predominantly acrotonic or basitonic tendencies. Trees of the varieties in this group also have the great advantage of being readily able to renew their fruit zone (fruiting branches 2 to 3 years old). It is therefore possible to maintain continuous production of quality fruit by simple, rapid pruning.

. Type IV fruiting varieties

Most of the observations concerning type III varieties are valid for type IV. However, 3 characteristics specific to this group of varieties should be given particular attention:

- . the *acrotonic tendency*, which can lead to denudation of the lower portion of the trees or, at least, inadequate vigour in the branches;
- . the *erect to semi-erect habit* of these varieties. A tendency which must be controlled in order to maintain a good distribution of branches from the top to the bottom of the tree;
- . the branch volume and the position of the fruit on 1- and 2- year branches and on coronate twigs, two characteristics necessitating a large volume around the fruiting branch (fig 12). The long and often erect branches gradually bend under the weight of the fruit.

Figure 12

During the first three seasons after planting, it will *occasionally* be necessary to shorten fruiting branches which have become too long. This operation is performed during the vegetative period after the weight of the fruit has caused these overly long branches to bend, thus impeding the movement of equipment between the rows. This strong growth of the fruiting branches occurs only until the tree has reached a state of equilibrium; their subsequent development requires no intervention of this nature.

- . Vertical axis on weak rootstocks (M 9 and M 26)
- . "Triple-axis palmette" on moderately vigorous rootstocks (M 106)

3 *Vertical-axis management without scaffold and "triple-axis" palmette*

Left to its natural habit, the cultivated Apple tree is composed of a single central trunk, except in strongly basitonic varieties where the competition of a number of lateral branches can eliminate or more or less

reduce the predominance of the central axis.

The method which we recommend tends to promote this natural tendency.

We use the term "AXIS" for a structure composed as follows:

- . a single vertical stem (or trunk);
- . this trunk serves to support the fruiting branches;
- . the fruiting branches develop around the trunk, depending on the fruiting type specific to the variety (fig 13);
- . these fruiting branches are periodically renewed after bending under the weight of their fruit and hence do not become new scaffold branches;
- . the tree maintains its natural equilibrium: its fruiting controls its vegetative development and this guarantees homogeneous growth in all parts of the tree.

Figure 13

This more natural concept of tree development can be adapted to more traditional and elaborate forms, including palmettes, flags, goblets, etc, through the creation of a number of axes (fig 14). This is commonly described as "reworking". The vertical axis thus acts as a basic unit facilitating the establishment of a natural balance between vegetative growth and fruiting.

Figure 14

The tree, depending on the initial form which it has been given, may be composed of from 1 to x axes.

3.1 Techniques for the development of the vertical axis without scaffold

It is important at this point to recall one fundamental principle of branch physiology. On a vertical shoot, there is a relationship

between the terminal bud and the lateral buds. We say that the terminal bud inhibits the development of the other buds, or use the term "apical dominance". This general phenomenon is more or less accentuated depending on the variety.

By retaining the terminal bud, we therefore avoid the development of branches with a vertical tendency and facilitate the development of fruiting branches at wide angles to the vertical axis, while avoiding competition. These lateral buds will develop later (1 or 2 years after the axis) and less vigorously.

It may be recalled that in the creation of other forms, such as the goblet, the removal of the tip of the leader leads to the development of a number of competing branches of equal vigour.

Thus, with the vertical axis, we permit the natural development of the main trunk and thus the formation of an initial structure, the "axis", and of the "ramifications" which will become fruit-bearers within varying lengths of time, depending on the variety.

The lateral branches are maintained in a situation favourable to floral development. *In no case should they be allowed to evolve towards a new structure parallel to and in competition with the axis.*

The axis is thus the essential structure of the tree. *Its growth during the first two years after planting takes priority over that of the branches.* Hence, apical dominance is not only used by sometimes reinforced by action directed at isolating it (pinching back vegetation).

3.1.1 First Year - As the scion is being planted or during the first season in place (plant grafted outdoors or bench-grafted and planted directly), all early branches are removed. In fact, these are generally too vigorous during the 2nd season, and

encourage denudation of the axis above the point of insertion. In addition, they are often too vertical and may come into competition with the axis above the point of insertion.

Thus, during the first season after grafting (scions in particular), *it is better to have well preformed buds than early branches.* These buds will develop good quality horizontal branches, predisposed to flower production, during the second season. The following principles applies:

"During its development, the axis should always be one year ahead of its branches".

Corrective pinching

This is performed during the summer of the first two years to promote the development of the axis on the one hand and of the lateral branches on the other.

- . With the axis, it is enough to avoid competing branches by pinching back the young branches developing at the base of the year's growth and any early branches forming on it (fig 16).
- . As regards to the lateral branches, it is important to eliminate any which are semi-erect or overly vigorous, since these positions are unfavourable for fruiting.

When and how to pinch back

These branches should be pinched back while still growing, as early as possible in the season, as soon as the shoots are 15 cm long in the first instance. The process will be repeated twice during the growing period.

The purpose of this operation is to prevent the growth of poorly placed branches instead of removing them the following winter, after their growth is completed.

Figure 16

During the winter which follows the first season, pruning consists of removing any excess branches.

Even at this stage it is necessary to consider the conditions under which these future fruiting branches will develop (light exposure, bending, renewal).

It is difficult to give a general definition of the volume required for development of these branches, since each variety reacts differently. However, we feel that the average distance between branches in all directions should be 10 cm (fig 16, below).

3.1.2 Second Year - (3rd season after grafting, regardless method of preparation of plant material).

Pinching back is performed during the summer on the basis of the same principle as the first year. This operation is again extremely important, since in many cases a large number of branches do not grow until the second year on the first part of the axis (which developed during the season following grafting).

The intensity and location of these pinching back operations vary with the different varieties.

GRANNY SMITH: The acrotonic tendency of this type IV variety necessitates continuous attention during the first two years, with systematic lateral pinching back of the upper third of the axis in order to limit its elongation and reinforce branching on the lower portion.

JONATHAN family: These varieties often produce excess branches. Pinching back will be directed primarily at removing excess young

branches in order to promote the development of the axis.

GOLDEN DELICIOUS: This type III variety shows no extreme tendencies and readily achieves equilibrium. Watch the extension of the axis, however, and avoid overly vertical or excess branches.

Varieties with basitonic tendencies - SPURS: It is often said that SPURS could produce with very light pruning (branch removal in particular). However, experience today has shown that, as with the other fruiting types, renewal of the fruiting zone is necessary. Less frequent and sometimes more severe, it maintains the tree in a proper balance between fruiting and vigour. This operation brings about substantially more regular production from year to year, improves and standardizes fruit size and makes it possible to avoid two problems observed with SPURS: alternation and reduction in size.

When allowed to grow free and to develop numerous scaffold branches, the SPURS do not readily permit this renewal of their fruiting zone.

Axis management, however, promotes the production of young branches close to the initial structure. During the first two years we must be particularly attentive to two points:

- . *development of the axis*. We know that with Spurs, even in the early years, the axis shows little or no predominance over the other basitonic branches. Often its growth is halted by early fruiting. Hence its development will be promoted by action which is the inverse of that proposed for the acrotonic types.

We will thus avoid overly severe lateral pinching of the upper third, in order to maintain apical dominance (figure 8).

- . Removal of vigorous, upright branches on the lower portion of the axis (as on fruiting types III and IV) will promote the development of other branches at wider angles.

3.2 Control of the fruiting-vigour balance by progressive renewal of the fruiting branches

After the third season, the tree begins progressively to bear fruit, first on the axis, then rapidly on the branches.

At this stage of development, we must be attentive to 2 major phases in the life of the tree:

First phase: the natural balance between vigour, that is, the vegetative development of the tree, and the progressive establishment of its floral organs.

Second phase: involves the fruiting branches. Weighed down by fruit from their second or third year of growth, they begin to bend. Their renewal by new branches is either brought about by rejuvenation pruning or developed on the curve, with pruning occurring later in this case.

3.2.1 Fruiting-vigour balance phase

The vegetative development of the vertical axis diminishes progressively after the 4th and 5th seasons, as the production zone moves rapidly to the upper portion.

The tree stops growing vertically because it is blocked by fruiting occurring at the top of the axis (fig 17). *Thus balance is achieved naturally as a result of fruiting and not as a result of pruning or other artificial measures (bending, for example).*

During this period we observe that the annual growth of the branches diminishes. The vigour of the branches is regular from top to bottom, regardless of their position on the tree.

Desirability of this balance

The regular development of the branches over the entire tree enables us to make optimum use each year of the tree's vegetative potential. The fruit borne on properly nourished and lighted branches thus develops under conditions which are extremely favourable to qualities of taste and size.

In contrast, on trees which are not in a state of equilibrium but have branches which are too vigorous in the upper portion and weak and etiolated in the lower portion (zones A and C), two-thirds of production occurs on spur bearers which are incapable of providing properly balanced nutrition.

Figure 17

3.2.2 The fruiting branch and its renewal

As our reference we shall use GOLDEN DELICIOUS, a variety with well-known reactions.

The fruiting branch, observed in its natural habit, passes through several phases, rarely exceeding a total of 4 years:

- . development;
- . production;
- . progressive bending;
- . total or, more frequently, partial renewal.

The progressive development of the fruiting zone brings about a bending of the fruiting branch, leading to the appearance on its first third of young renewal branches (fig 18, above).

Figure 18

It is easy to identify these various positions on the tree. Renewal pruning consists of removing the offshoots of fruiting branches located

in or near zone C (fig 18, below).

Young branches normally appear on the arc. In all cases, they must reach the fruiting stage before the sagging area is removed.

3.3 Light exposure

Proper light exposure plays a fundamental role in fruit development and production. We cannot emphasize its importance strongly enough.

In all cases, this is the first criterion which should guide the fruit grower:

- . in choosing the variety-rootstock combination;
- . in choosing distances;
- . in renewal pruning.

With the vertical axis, periodic renewal of the fruiting branches promotes the penetration of light to the centre of the tree, thus permitting proper achievement of the 3 stages in the renewal of the fruiting branch: growth of the one-year branch, floral development, spur bearer quality.

The results of experiments on the light requirements of trees and, more particularly, hedgerows, and studies performed in orchards on axis management lead us to offer a certain number of suggestions on spacing between rows:

- . the fruit grower should *lay out the rows in his lot on a North-South axis* (or as close to it as possible) so that light can reach both sides of the hedgerow properly;
- . it is important to take into account the insolation of the region. Remember that the sun's rays fall at different angles, depending on the latitude of the area concerned. Special attention should be given to the amount of light reaching the lower portion of the trees and to the duration of exposure.

Figure 19

The distance between rows, whatever the vigour of the variety-rootstock combination, should never be less than 4 m. This limit has been determined on the basis of technical and mechanical factors and requirements in terms of light exposure. In fact, the concept of the orchard based on single rows generally over 3 m in height (M 9) is designed for mechanical assistance of minimum size, approximately 2 m. The radius of the base of the axis should therefore never exceed 0.80 m (fig 19, left).

Over 4 m in width, we propose a ratio of 1 between the height of the hedgerow and the distance between rows (fig 19, right).

3.4 Vertical-axis management and planting distances

Increased density, while it has an effect on the development of the tree, cannot by itself control growth and bring about a balance between fruiting and vigour. It appears to be very difficult to assess its role: the results obtained in certain orchards have been applied only with extreme difficulty to other plantings.

However, we have a better knowledge and understanding of the role which fruiting plays in terminating growth and in the natural balance of the tree. Experience in many orchards confirms very clearly the role which fruiting plays in this control.

Thus, by abandoning "increasing density" as a primary factor in the constitution of the orchard, we approach the problem differently:

Figure 20

Comments on figure 20.

- a) For each known variety grafted onto a given rootstock and developing without root restraint, we know the volume necessary for the equilibrium of the tree. In the case of figure 20: height 500 cm,

width or diameter 200 cm (GOLDEN DELICIOUS grafted onto M 106).

- b) By knowing the volume necessary to the fruit branches, we can easily determine the distances which should be allowed between trees and between rows (500 x 200); thus we can be sure of avoiding any imbalance (excessive vigour).
- c) When the orchard reaches a state of equilibrium, we may find that the average volume of the trees is less than that of an isolated tree. This reduction may be the result of the choosen distance of 2 m between trees in the orchard situation (root competition).

Today we know from experience that the ideal distance for axis-managed trees in this orchard of GOLDEN DELICIOUS on M 106 are 180 cm between trees and 450 cm between rows (silt, Garonne valley).

The proposed reasoning for the determination of planting distances is based on the tree's "fruiting-vigour" balance and not on the hypothetical consequences of increased densities.

Therefore, although we suggest planting distances below on the basis of our experience in a number of producing regions, it must be borne in mind that it is always vitally important to carry out a number of simple tests locally which will enable us to adapt our orchards more satisfactorily to each situation (fig 21).

Observation on rootstock behaviour:

With vertical-axis management (light pruning channeling the tree's development), we have observed that certain rootstock reactions have been amplified in comparison to *what we previously knew of them*; in particular, the tendency to early fruiting in the conditions which exist in southwestern France appears much earlier and modifies the development of the tree (bending of fruiting branches and termination of development).

In fact, when these rootstocks are used with structured forms requiring training pruning for 4 to 5 years, they may not fully reveal their early-fruited capacity.

Figure 22

Figure 22 shows trees managed on a vertical axis with the QUERINA variety (scab-resistant) and minimum pruning during the first two seasons.

Each rootstock gives a specific response:

- . with M 9. The fruiting zone climbs rapidly. By the 3rd season (the following year) the growth of the axis will be substantially reduced by fruiting. A balance is rapidly achieved;
- . with M 26. Growth for the first two years is comparable to that of M 106, but by the second season, fruiting is considerably heavier (69 apples). Note too the basitonic tendency, which is pronounced even in the nursery;
- . M 106 reacts vigorously, bears few fruit during the 2nd season (15). However, the following year (3rd season), it produces heavily on wide-angled branches: 144 apples per tree.

3.5 "Triple-axis" palmette

"Why do we suggest this form?"

It has been developed only recently, for very specific cultural reasons.

Take a common example. The use of weak rootstocks with little resistance to asphyxiation is undesirable in damp, compact soils. At the present time, M 106 is preferred under these conditions. However, with such varieties as GRANNY SMITH, the use of this rootstock precludes the choice of the vertical axis. In fact, the vigour conferred by M 106 creates branches with an erect habit and a definite delay in fruiting. Single-axis trees become too

tall because of the acrotonic tendency of this variety. With a palmette, the vigour of GRANNY SMITH on M 106 is better distributed, and the tree reaches a state of equilibrium more rapidly.

This method consists of using the same techniques as with the vertical axis, except that each tree is composed of three axes (fig 23).

Figure 23

Development of the 3 scaffold branches

A number of methods can be used to promote the development of these branches: early palmette without cutting back the scion, cutting back the scion on planting, cutting back the scion 1 year after planting.

Since the first two methods are already well known, we shall describe the third in more detail.

It is very important to obtain three branches of equal vigour following their development. In order to do this, their growth must be controlled even during the first year.

Frequent observation has shown that we are less likely to obtain three good, well-placed branches when the scion is cut back on planting; in this case, root implantation is reduced (figure 24, above).

Figure 24

Because of this observation, we did not cut the trees back to 0.40 m until after the first season in place. The result is generally spectacular and ensures greater regularity and homogeneity of shoot growth.

From the 6 to 10 developed shoots, we select the 3 scaffold branches while they are still growing in June, and, if possible, choose branches

which are not justaposed at the base. Because the central branch remains vertical, it will be weaker than the other two (figure 24, below).

One early branch will be retained on each side in order to fill the empty space between each tree.

Between the 2nd and 3rd seasons, depending on the vigour, the branches will be pruned so that they are an equal distance apart in the row (fig 23, left).

Control of the fruiting-vigour balance and renewal of the fruiting branches will be achieved exactly as with the single-axis form. The vertical position of the scaffold branches allows a natural equilibrium between branch growth and fruit production from top to bottom of the tree.

Figure 25

4 Experiments with other species

For each species, we have tested the vertical-axis technique used with the apple tree, as well as other forms which allow mechanical assistance and promote the natural expression of each variety.

Below we summarize briefly our observations for each species. These reflect developments at a given point in time, rather than concrete proposals for future orchards. In fact, more time will have to elapse before we can begin to generalize from our observations.

4.1 Peach - This species is distinguished from other fruit trees by its heavy, rapid annual vegetation. The form selected must promote maximum light exposure of the branches, which are renewed each year.

Single axis - We have 10 years of experience with the vertical axis in southeastern and southwestern France. The trees are generally planted 1 m to 1.50 m apart in rows 4 m to 5 m apart.

This form may be perfectly suited to certain varieties in which the branches develop at wide angles (RED TOP, FANTASIA). However, varieties with more pronounced basitonic tendencies and branches set at narrower angles require a great deal of time-consuming pinching of new growth if they are to remain in a state of balance. In this case, the varieties are being artificially maintained in a form which is unsuitable to them. However, it is possible to control these trees in moderately fertile soils and with limited applications of nitrate fertilizers during the first 4 seasons after planting.

Other suggestions for various regions

- . Return to low, very open goblets, formed by doubling the number of scaffold branches and placing the trees closer together (3 m) in rows which are farther apart (5 to 6 m).
- . Double-axis forms positioned perpendicularly to the row, thus providing better control of the variety's basitonic tendency.
- . Italian-type early palmette with 3 axes in line with the row.

4.2 Pear - Species offering no major difficulties with axis management (1.50 m x 4.50 m). However, excessive vigour (silt, valley) leads us to hope that less vigorous rootstocks will be developed in the near future.

At the present time, we suggest the triple-axis palmette in these situations (7 years experience).

Figure 26

4.3 Plum - The training system used for the plum tree (table plum and, more particularly, Prune d'Ente for drying) has remained very

traditional: the half-standard goblet.

First of all, we have defined four types of fruitings habits in this species, the representatives being:

STANLEY	bearing fruit on branches 2 to 6 years old			
PRUNE D'ENTE	"	"	"	1 to 4 years old
REINE CLAUDE	"	"	"	1 to 3 years old
BAVAY	"	"	"	1 to 2 years old

Figure 27

As with the Pear tree, we are hampered by the fact that the weaker rootstocks currently available have not yet been adequately tested. However, after 4 years of tests, 3 varieties are performing well with a vertical axis on seedling stock of *Prunus mariana*, P 8-1: STANLEY and PRESIDENT. They begin producing heavily by the 4th season and thus show reduced vegetative development, with the fruiting branches bending and becoming renewed. However, with an overly vigorous rootstock, we run the risk of a vegetative imbalance during the years when the ground freezes completely, in orchards three to five years old.

With REINE CLAUDE, the results obtained are not yet evident: its basitony remains very strong and we have not observed any tendency to early fruiting.

We have tested two types of axis:

- . one comparable to that used with the Apple tree, with systematic renewal of the fruiting branches;
- . the other having a larger volume and lower structures.

Both are performing satisfactorily for the moment.

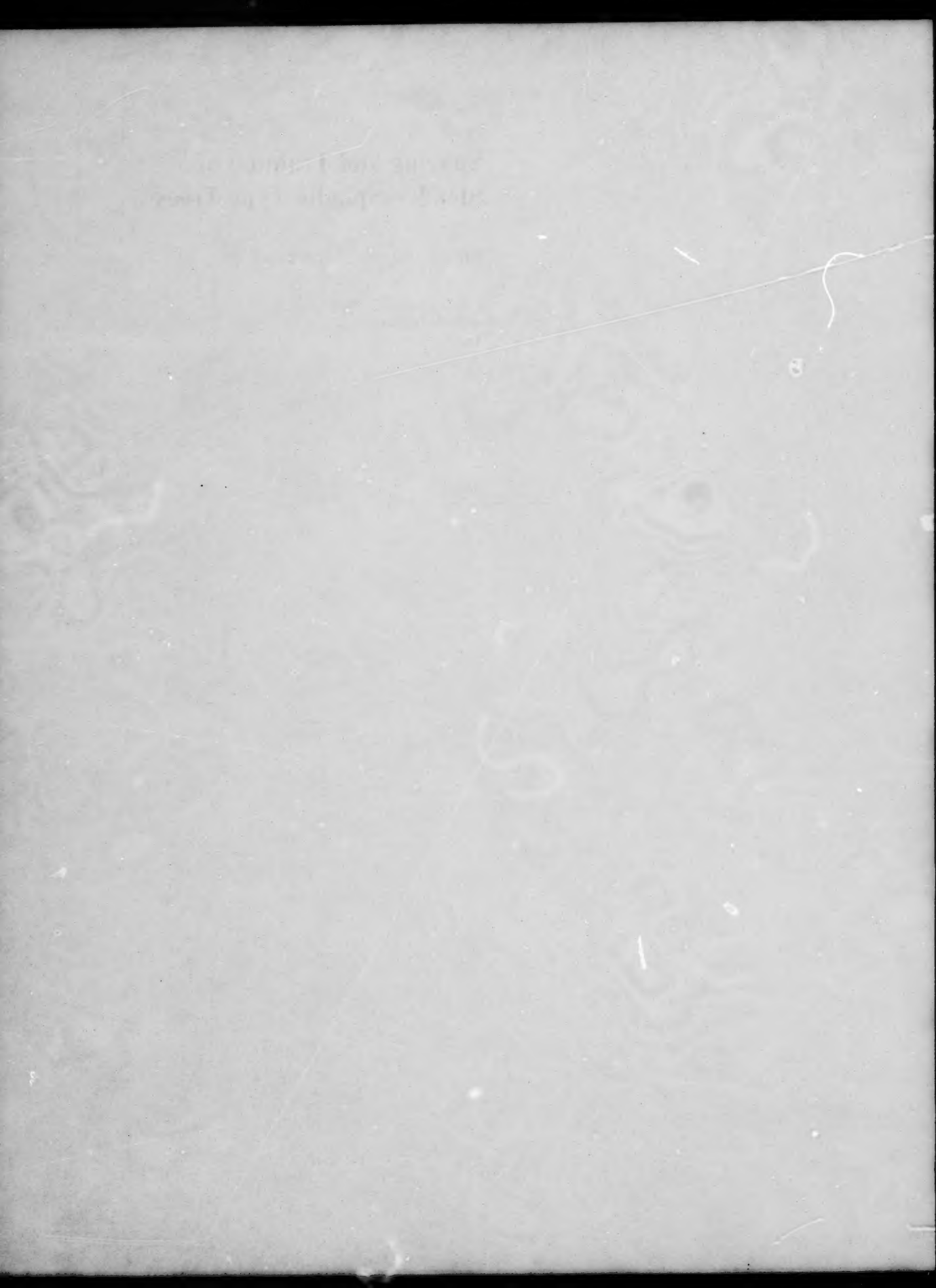
The second solution could be particularly useful with varieties requiring support.

The triple-axis palmette appears to be suitable to all the varieties tested.

Spacing and Training of Slender-Spindle Type Trees

Samuel Johannes Wertheim

**Proefstation voor de Fruitteelt
Wilhelminadorp
The Netherlands**



Introduction

Since about 15 years many intensive apple and pear orchards (more than 1 500 trees/ha) have been planted in The Netherlands. The small trees in these plantings are grown on rootstock M.9 (apple) or Quince A or C (pear). For both crops the single-row system - defined as a planting system whereby each tree row is bordered on both sides by tractor alleys - is generally used. Narrow three-row beds or wider five to six-row beds are planted to a limited extent.

Tree shapes

The most common tree used in the intensive orchards is the slender spindle. The addition "slender" discerns the tree from former spindles: the round or free spindle and the layer spindle. The slender spindle is a central-leader tree, with a thin, slender, cone-shaped head. The cone-diameter at the base ranges from about 1,25 to 2 m. At the base of the tree head a permanent frame of a varying number (mostly 3 to 5) short, horizontal branches occurs at a height of 70-90 cm. On these branches and along the central leader more or less horizontal fruiting laterals occur (Figs. 1 and 17). The tree height ranges from 2 to 3 m (mostly from 2 to 2,50 m) depending on the row distance. The lower correspond with the smallest row distances and *vice versa*. The tree heads overlap in the row; 50 cm overlap at the head base after pruning, is quite normal. The training of the slender spindle has been described in detail (Wertheim, 1970; 1978a); a summary of the pruning system will be given hereafter.

At present, an even more slender apple tree draws attention: the Noord-Holland spindle (Fig. 2). This, too, is a central-leader tree but smaller than the preceding one. The height is 2 m and maximal base width

1 to 1,5 depending on cultivar vigour. In this tree more fruiting laterals are maintained along the central leader, because renewal pruning is replaced by annual shortening of the laterals. This is done whenever a branch protrudes from the desired cone, preferably to a horizontal or downward directed spur or dard. In contrast to the slender spindle no overlapping of the tree heads is allowed (Flierman and Houter, 1976; Houter, 1979).

Whereas slender spindles are used in all kinds of planting systems, the Noord-Holland spindle has been proposed as suitable for three-row beds only. This is, however, inaccurate since tree shape and planting system should be considered separately.

The originators of the Noord-Holland spindle aim at higher yields and better fruit quality than is attainable with slender spindles. The former was expected because they thought that more trees could be planted per ha, since they are smaller. However, such a difference does not exist when the same tree diameters are compared (Table 1), because overlaps are not allowed as is the case with spindles. Only with a 1 m diameter the Noord-Holland spindle leads to higher tree numbers, because such a diameter is not thought realistic for slender spindles. For these 1,25 m is a minimal diameter of the tree head. Better fruit quality is expected because pruning is more severe. Moreover, the greater slenderness may enable better light penetration. However, it has been shown that on sites with good vigour Noord-Holland spindles become very dense prejudicing fruit colour (Wertheim and Joosse, 1980). This is not only due to the great number of branches along the trunk but also to the invigorating way of pruning.

The Noord-Holland spindle is a new tree shape and therefore experience is limited. Time will show what future this tree will have. The training of this tree will not be treated in this paper.

TABLE 1 Tree diameter, tree shape, planting distances, and number of trees per ha of three planting systems

Tree diameter m	Slender spindle (50 cm overlap)				Noord-Holland spindle (no overlap)			
	Distance m	Trees/ ha	Bed width m	Trees/ cross row	Distance m	Trees/ ha	Bed width m	Trees/ cross row
<u>Single rows</u>								
1,00	-	-	-	-	2,50 x 1,00	4 000	-	-
1,25	2,75 x 0,75	4 849	-	-	2,75 x 1,25	2 909	-	-
1,50	3,00 x 1,00	3 333	-	-	3,00 x 1,50	2 222	-	-
1,75	3,25 x 1,25	2 461	-	-	-	-	-	-
2,00	3,50 x 1,50	1 905	-	-	-	-	-	-
<u>Three-row beds</u>								
1,00	-	-	-	-	2,50+(2x0, 67)x 1,50	5 195	2,35	3
1,25	2,75+(2x0, 48)x 1,75	4 621	-	3	2,75+(2x0, 90)x 1,75	3 768	3,05	3
1,50	3,00+(2x0, 75)x 2,00	3 333	-	3	3,00+(2x1, 10)x 2,00	2 885	3,70	3
1,75	3,25+(2x0, 99)x 2,25	2 549	-	3	-	-	-	-
2,00	3,50+(2x1, 22)x 2,50	2 020	-	3	-	-	-	-
<u>Wider beds</u>								
1,00	-	-	-	-	2,50+(6x1, 00)x 1,50	5 490	7,00	7
1,25	2,75+(8x0, 75)x 1,75	5 878	7,25	9	2,75+(5x1, 25)x 1,75	3 810	7,50	6
1,50	3,00+(6x1, 00)x 2,00	3 889	7,50	7	3,00+(4x1, 50)x 2,00	2 778	7,50	5
1,75	3,25+(5x1, 25)x 2,25	2 807	8,00	6	-	-	-	-
2,00	3,50+(4x1, 50)x 2,50	2 105	8,00	5	-	-	-	-

Tree arrangement and planting distances

The reason for the intensive way of fruit growing in The Netherlands are given elsewhere (Roosje, 1970; Wertheim, 1973, 1978b). Historical notes are given by Wertheim (1977) and economic considerations by Goedegebure (1976; 1978; 1980).

Single-row orchards (Fig. 3) are the dominant plantings in The Netherlands. For apple, row distances range from 3 (occasionally somewhat less) to 3,75 m, mostly between 3,25 and 3,50 m. In the rows distances range from 1 (occasionally a bit less) to 1,75 m, generally between 1,25 to 1,50 m. For pear the planting distances at present vary from 3,25 x 1,25 m to 3,50 x 1,50 m.

The differences in distances are based upon differences in growth vigour, determined by cultivar and soil conditions. The insight of the grower, too, plays a role. The given distances come down to 1 500 (3,75 x 1,75 m) to - in extreme cases - 4 100 (2,75 x 0,75 m) trees per ha. Most orchards, however, count 1 900 (3,50 x 1,50 m) to 2 500 (3,25 x 1,25 m) trees.

Slender spindles planted in multi-rows (Figs. 4 and 8) occur to a limited extent. Multi-rows consist of beds wider than single rows, separated by tractor alleys; 2 to 6 trees (sometimes even more) per cross row occur in the beds. Densities vary according to the chosen distances, which in turn, depend on the chosen tree diameters. Table 1 (left part) - derived from Uitterlinden (1978) - gives a range of possibilities. To understand the notation used, Figs. 5 and 6 should be consulted. For wide beds the maximum width should be about 7 m. In spite of adaptations wider ones can not be sprayed properly with current machines (Fig. 7). The penetration of the spray droplets is thought to be improved by planting the cross rows within the bed slantingly and not perpendicularly to the alleys (Fig. 5). The midst of the cross rows stands right opposite the middle of the entrance of the walking path.

Table 1 also shows planting distances and densities for Noord-Holland spindles. Only three tree diameters are distinguished for this tree shape (Houter, 1979); 1, 1,25 and 1,50 m for weak, moderate or strong growing cultivars respectively. These are used in Table 1 for the various systems, although the originators only recommend the three-row design (Figs. 6 and 8). This is a well-devised bed system, and much better accessible than the three-row bed formerly used (Wertheim, 1973) and found unfit for use.

Considering the densities in Table 1, it should be kept in mind that under Dutch conditions "only" a tree number up till 4 000 per ha has been economically evaluated (Goedgebure, 1967; 1978). It has been shown that under vigorous conditions not much is to be gained by increasing the tree number over 2 000 - 2 500. However, under less favourable conditions very intensive orchards - with 3 000 to 4 000 trees per ha - may be more profitable, provided that certain requirements are met.

Profitability depends on an interplay of tree factors, *viz.* the price of tree plus stake, the yield level of the orchard, and the product price. The former can not be influenced by the individual grower, the latter somewhat by growing good quality fruit. However, the grower may act best upon profitability by increasing production per ha. This explains his interest in intensive fruit growing.

Multi-rows offer better possibilities for increasing tree number than single rows. With multi-rows tractor-alley space is converted to tree space to a greater or less extent. The many tractor alleys in intensive single-row orchards are an impediment in maximizing production. By sacrificing alleys for trees, light interception is increased and thus orchard productivity. Trials with multi-rows showed that indeed yield is increased compared to single rows, when the same tree numbers are compared (Wertheim and Westerlaken, 1978; 1979).

The effect of multirow arrangement on average fruit colour is contradictory. In some trials no detrimental effect could be determined, in other red

colour was poorer. So, apparently the tractor alley is not only 'lost' space but facilitates light entry into the canopy. To avoid risks for fruit colour, trees in multi-rows ought to be kept lower than in single rows to ensure adequate light penetration from above. The fear that average fruit colour may be reduced stops most growers from accepting wide beds. They know that small decreases in the price of their product will affect profitability strongly as has been made clear by Goedegebure (1976, 1978). Moreover, management of multi-rows is troublesome, in spite of the provided cross paths (Fig. 5). Furthermore the penetration of spray droplets is often inadequate in wide beds, which explains the greater incidence of diseases and pests in the midst of the beds (van Dieren et al., 1979). Therefore, when a grower decides for multi-rows - which the majority does not - the narrow three-row bed is favoured. Here, pest control proceeds without problems.

In the future a full-field planting might be a good compromise between single and multi-rows. In these systems (low) trees are still arranged in rows but the rows are so close together that tractor alleys have been reduced to paths necessary for manual operations (Fig. 9) and passage of overrow machinery (Fig. 10). Such systems - for example planted at 2 x 1,25 m - allow for great numbers of trees per ha without too small distances in the rows. Very small distances in the row may lead to smaller fruits, because of the great intertree competition for water and nutrients. It appears that full-fields combine high light interception with good light distribution (Palmer, 1980) and thus offer good possibilities for high yields of large well-coloured fruits. Experiments with such systems are in progress and are giving promising results. So far full-field systems have not been planted (except for one) in practice. Perhaps the arrival of payable over-row machinery will facilitate the break through of full-field plantings.

Plant material

A high yield level is of extreme importance for a profitable intensive

orchard. High initial yield is a first step to that end and this is only possible when a good tree has been planted (van Oosten, 1978; Goedegebure 1979). One-year old trees with a thick stem and a large number of feathers (Fig. 11), form such good plant material. With such trees considerable yields can be obtained, provided that they start to grow well after planting.

Nurserymen should do their best to deliver good trees. For example, for every new nursery cycle fresh land is a necessity. Further, they should not plant too dense. A distance of 1,00 x 0,30 (0,35) m contents with us for apple. Closer planting in the row suppresses feather formation. In the near future branching agents may become important for those cultivars that do not form side shoots naturally (at present these chemicals are not yet allowed for use). Indeed trees that were forced to form side shoots chemically can yield considerably more in the first years in the orchard than those left untreated. In one example we picked 5 kg per tree more in the first four seasons. At 2 500 trees per ha this means an increase of 12,5 tons.

Two-year-old trees may also render good plant material, if they were cut back in the nursery after the first growing season at a proper height (Fig. 12). Formerly this has frequently been done too low giving unsuitable trees. Last but not least the nurseryman must take care that well-branched trees reach the fruit grower undamaged. Finally, a grower should not retrench on expenses for fruit trees. Only good trees must be used in intensive orchards !

A good growth in the orchard may be attained by using potted soil in the planting hole, covering the planting hole with organic material to reduce evaporation, and by applying ample water (for example with trickle irrigation). Combination of these three treatments may increase yield substantially. For example, in an experiment Jonagold trees planted this way yielded in the first three years 19,4 kg as against 10,4 kg for untreated trees. On a ha base this was 17 tons of fruit more in two years.

Of course, good yielding is only to be continued if ample cross pollination can occur. Therefore, planting systems should have adequate alternation of cultivars. In single rows two (for shy croppers) to four rows of a cultivar should alternate with another one.

Training slender spindles

To attain good productivity proper pruning, right from planting, is very important. Because pruning can not be learned from the writing-desk, the following description can only be rough. Some photographs have been included to clarify the complicated acts. A detailed photographic description of the pruning of four apple cultivars has been given earlier (Wertheim, 1970).

One-year-old unfeathered trees are cut back 85 to 100 cm (for drooping cultivars) above ground level. With feathered trees the leader is cut back 30 to 40 cm above the highest useful feather. Extremely well-branched trees (Figs. 11 and 12) may be left unpruned, although slight tipping of the central leader is often a good practice. It prevents that too long a bare part of the leader is formed above the future frame. Low laterals up till about 40 cm above the ground - are taken away. The remaining laterals are not cut back.

After one growing season bending is necessary when, in case of unfeathered trees, oblique side shoots have been formed in the first season (Fig. 13). Bending is best done after cessation of growth in late summer. Bending is only done with shoots with reasonable crotch angles. Narrow-angled ones can better be removed. Competitors of the central-leader extension are removed in case that sufficient well-positioned side shoots are present to form the frame. In top-dominant cultivars, the central leader extension is often pruned away and a competing lateral is used as new extension instead. The same practice is repeated a few years giving rise to a zigzag central leader (Fig. 15). It is thought that this reduces top-dominance. Laterals and central-leader extension are normally left

untouched; only in case of bare-wood cultivars the latter may be lightly tipped.

After two growing seasons the central-leader extension is treated the same as the previous winter (Fig. 14). Side shoots or branches above the frame must be tied down if necessary, preferably during the preceding summer. Again, this must only be carried out with shoots having a suitable angle. On the branches too, the formation of narrow forks is prevented by taking away competitors of the extension twigs. Upright and inward directed twigs on the branches are removed. Laterals are again left unpruned.

After three seasons of growth the tree top is headed back to an oblique or horizontal lateral. Redundant shoots in the tree top are removed. This top should remain light in comparison to the lower part of the tree head. Above the frame it may become necessary to remove complete branches to prevent that the canopy becomes too dense and that the frame becomes over-shadowed. Shortening of branches may also be necessary. Drooping branches that are too long are curtailed (Fig. 15). The cone shape of the tree should always be kept in mind. As in the previous year upright and inward shoots are pruned away.

After four seasons the tree usually is full grown. At this stage and in later years maintenance pruning will consist of regular heading back the tree top, preferably to side branches (Fig. 16), and renewal pruning along the central leader and frame branches. This should not be exaggerated to prevent production decline. However, renewal pruning above the frame may be necessary to prevent over-shadowing of the frame. In fertile cultivars thinning and shortening of fruiting wood may be good practice to improve fruit quality (Fig. 17).

In cross-section the hedge formed by slender spindles must remain conical.

Concluding remarks

The above-mentioned way of fruit growing arose under Dutch circumstances. Therefore, it should not be copied literally under other conditions. For example, the economy of high-density orchards depends among other things on tree price, which may diverge greatly in different countries. Another example, the tiny slender spindles are easily damaged under conditions of heavy snow-fall (torn out branches), so that this type of fruit growing might not be suitable in areas where heavy winters prevail.

Abstract

Current Dutch intensive fruit growing is described so far as tree shapes, arrangements, and planting distances are concerned. Two tree shapes are described, the slender spindle and - briefly - the newer Noord-Holland spindle. The training of the former is treated both in text and with some photographs. The importance of good plant material and a smooth start in the orchard is stressed. These factors are prerequisites for good initial yields, indispensable for profitability of high density orchards. As for tree arrangement the generally used single-row orchards are treated, but attention is given to multi-row orchards as well; for instance the new three-row design and wider beds. As a possible arrangement the full-field system is mentioned, in which tractor alleys have been reduced to paths for manual operations and passage of over-row tractors.

Bibliography

- 1 Dieren, J.P.A. van, Beeke, H., and Remijnse, W. 1979. De invloed van het plantsysteem en de wijze van spuiten op de kwaliteit van de bestrijding van ziekten en plagen bij appel. *De Fruitteelt* 69: 596-597.
- 2 Flierman, J. and Houter, J., 1976. Alternatieve plantsystemen I en II. *De Fruitteelt* 66: 1170-1172; 1190-1192.
- 3 Goedegebure, J. 1976. Bedrijfseconomische aspecten van intensieve beplantingen. Publ. Proefstation voor de Fruitteelt, Wilhelminadorp, 15: 45 pp.
- 4 Goedegebure, J., 1978. Business-economic aspects of high density plantings in The Netherlands. *Acta Horticulturae*, 65: 21-29.
- 5 Goedegebure, J., 1979. Een goede boom is niet gauw te duur. *De Fruitteelt* 69: 1421-1423.
- 6 Goedegebure, J., 1980. Economic aspects of high density plantings in apple growing in The Netherlands. *Acta Horticulturae* 114: in press.
- 7 Houter, J., 1979. De Nord-Holländische Pflanz - und Schnitt system. *Obstbau* 4: 433-437.
- 8 Oosten, H.J. van, 1978. Effect of initial tree quality on yield *Acta Horticulturae* 65: 123-127.
- 9 Palmer, J.W., 1980. Computed effects of spacing on light interception and distribution within hedgrow trees in relation to productivity. *Acta Horticulturae* 114: in press.
- 10 Roosje, G.S., 1970. Experience with high density plantings in Holland. *Proc. 115th Ann. Meeting N.Y. State Hort. Soc.* 115: 21-36.
- 11 Uitterlinden, J., 1978. Boomvormen en plantsystemen in beweging. *De Fruitteelt* 68: 174-179.
- 12 Wertheim, S.J., 1970. The training of the slender spindle of four apple varieties. Publ. Proefstation voor de Fruitteelt, Wilhelminadorp 10: 158 pp.
- 13 Wertheim, S.J., 1973. Intensive orchards: design and training Compact Fruit Tree. *Int. D.F.T.A. Michigan State Univ. Publ.* 6: 104-121.
- 14 Wertheim, S.J., 1977. Van boomgaard naar beddenteelt. *De Fruitteelt* 67: 1474-1484.

- 15 Wertheim, S.J., 1978a. Pruning of slender spindle type trees *Acta Horticulturae* 65: 173-179.
- 16 Wertheim, S.J., 1978b. Intensive apple orchards with slender spindles. *Acta Horticulturae* 65: 209-216.
- 17 Wertheim, S.J. and Joosse, M.L., 1980. Veranderingen nodig bij de Noordhollandse snoei. *De Fruittelt* 70: 308-311.
- 18 Wertheim, S.J. and Westerlaken, J., 1978. Plantsysteem en vruchtkwaliteit. *De Fruitteelt* 68: 200-204.
- 19 Wertheim, S.J. and Westerlaken, J., 1979. Ontwikkelingen in boomvormen en plantsysteem. *De Fruitteelt* 69: 148-153.

Figure 1

Arbres de sept ans, conduits en fuseau allongé. Variété Golden Delicious sur M.9. Espacement 3,25 x 1,25 m. On remarquera que les branches charpentières, de même que les rameaux fructifères, le long de l'axe central, sont en position horizontale.

Seven-year-old slender spindles of golden Delicious on M.9 planted at 3,25 x 1,25 m. Notice frame branches and fruiting wood along the central leader, all positioned horizontally.



Figure 2

Fuseau Nord-Holland, variété Golden Delicious. Arbres de huit ans, espacés de 1 m. On remarquera le grand nombre de ramifications fructifères le long de l'axe central. Elles ne sont pas soumises à une taille de rénovation, mais raccourcies au besoin.

Noord-Holland spindles of Golden Delicious. Trees eight years old and planted at 1 m apart. Notice number of fruiting laterals along the central leader. These are not renewed but cut back if necessary.



Figure 3

Les vergers sont le plus souvent disposés en rangées simples plantées d'arbres conduits en fuseau allongé. Les bandes de terre ont été traitées aux herbicides. Les voies de circulation des tracteurs sont gazonnées.

Single-row orchards with slender spindles from the dominant type of orchard. Trees grow in herbicide-treated strips, the tractor alleys are grassed.



Figure 4

Planche de cinq rangs de pommiers Winston sur M.9, espacés de 3,50 + (4 x 1,25) x 1,75 m (voir fig. 5 pour détails de rotation). Vue du chemin de traverse. Les voies de circulation des tracteurs sont gazonnées. Les arbres en sont à leur première saison de croissance.

Five-row bed of Winston on M.9 planted at 3,50 + (4 x 1,25) x 1,75 m (for rotation see fig. 5). View into cross path. Tractor alleys grassed. Trees in first growing season.



Figure 5

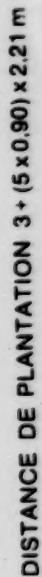


Figure 5 Plan of six-row bed. Notice rotation of planting distance.

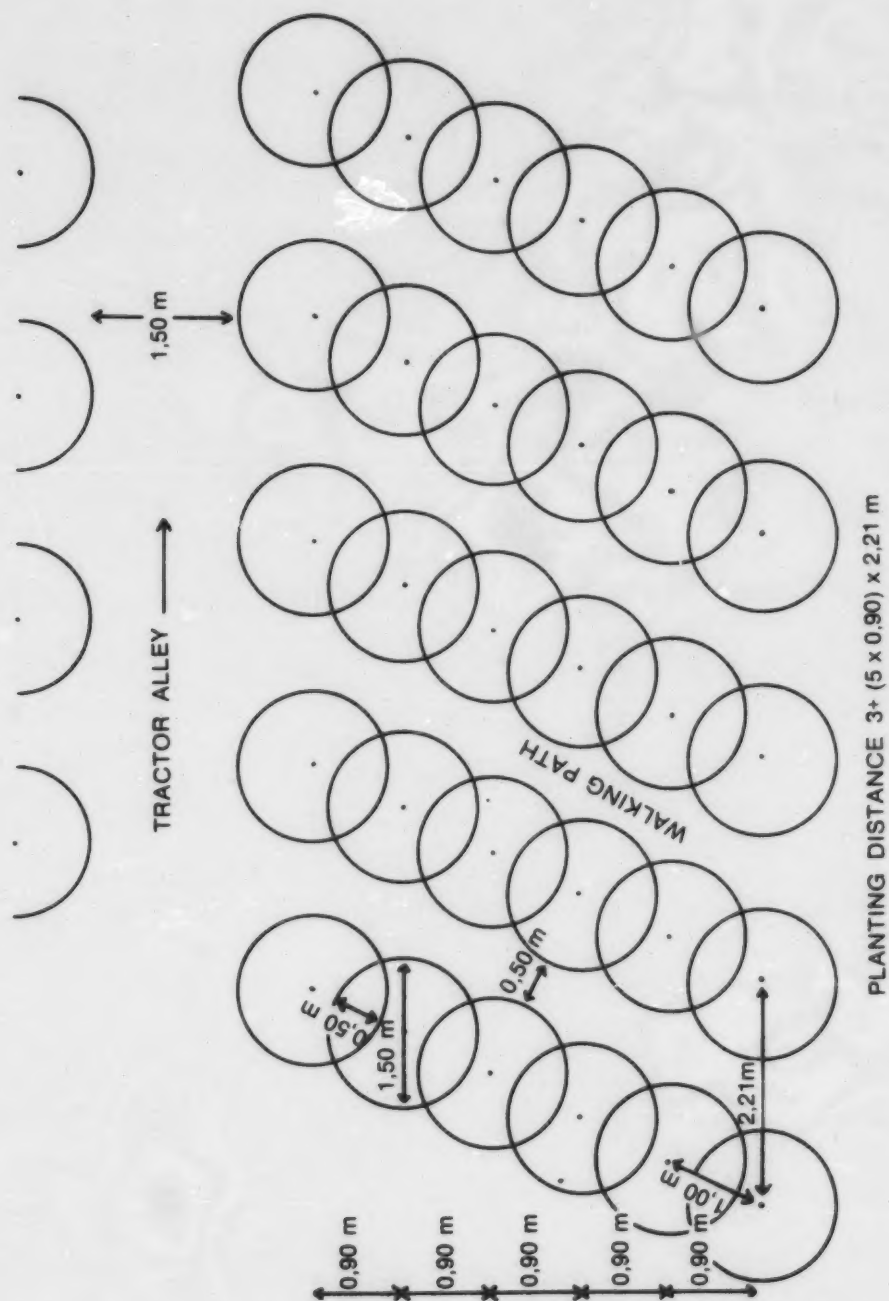
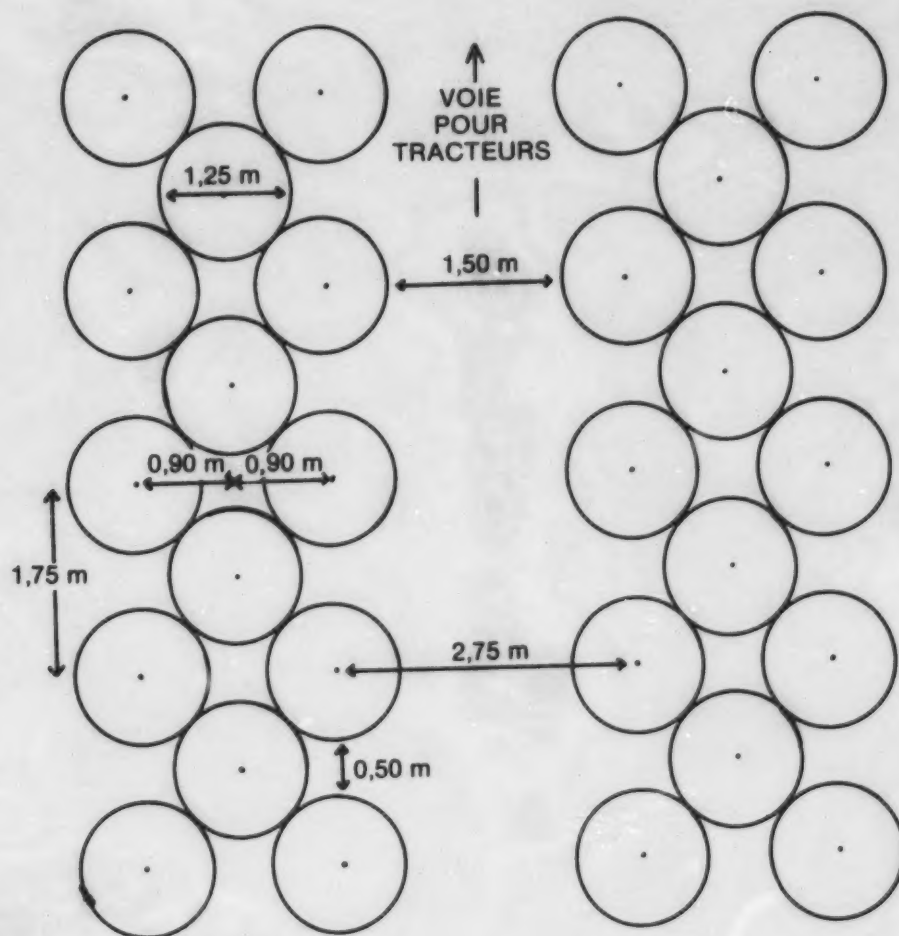


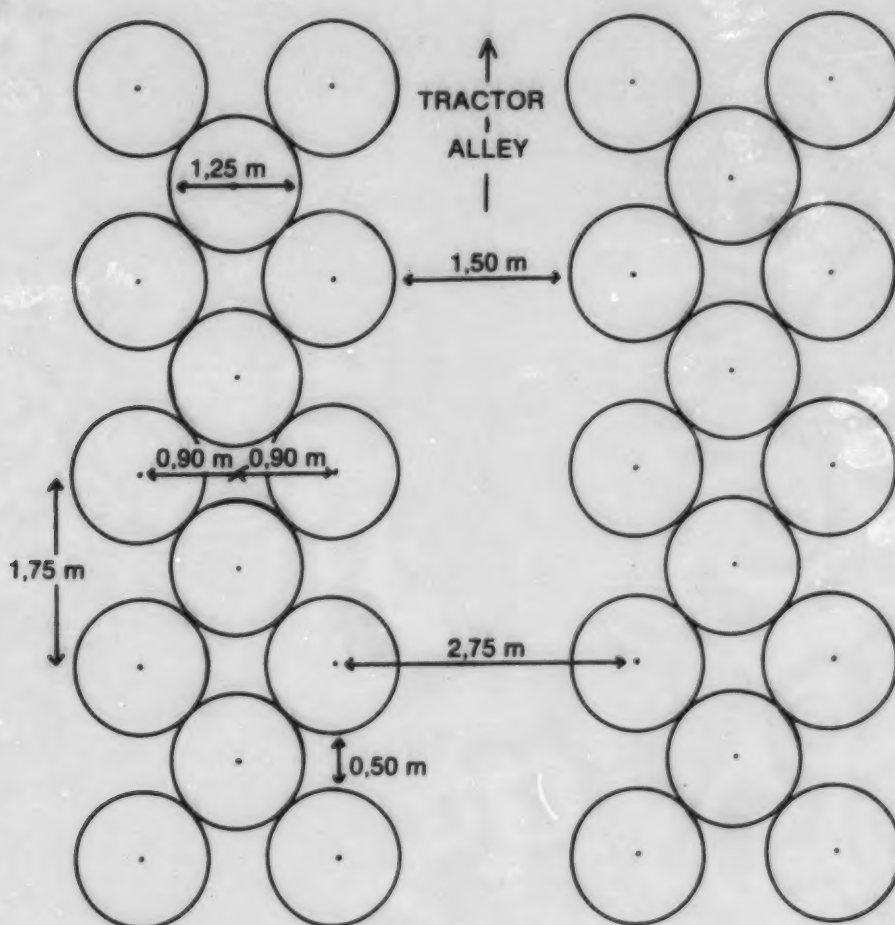
Figure 6

Planche de trois rangs. À remarquer la rotation des espacements.



DISTANCE DE PLANTATION $2,75 + (2 \times 0,90) \times 1,75\text{ m}$

Figure 6 Three-row bed. Notice rotation of planting distance.



PLANTING DISTANCE $2,75 + (2 \times 0,90) \times 1,75$ m

Figure 7

Pulvérisateur permettant d'arroser aussi bien de côté que par-dessus dans un système de plantation en planches de plusieurs rangs.

Spraying machine adapted to multi-row systems. Trees sprayed both from aside and above.

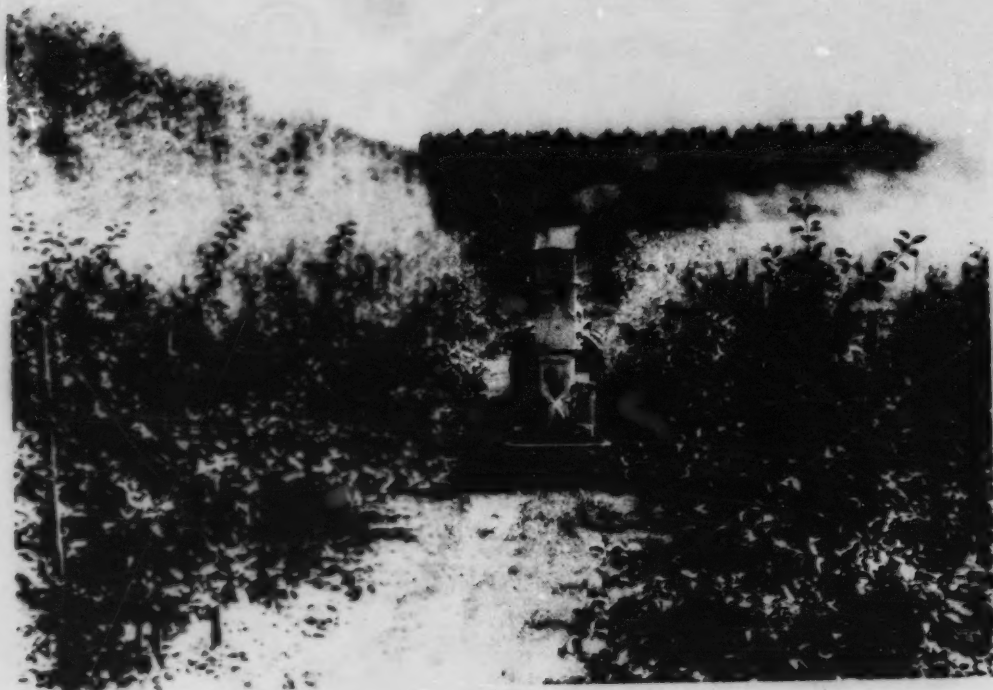


Figure 8 Pommiers Jonagold sur M.9 à leur deuxième saison de croissance; forme en fuseau Noord-Holland. Disposition en planches de trois rangs (fig. 6); espacement $2,75 + (2 \times 0,90) \times 1,75$.

Noord-Holland spindles of Jonagold on M.9 in second growing season planted in three-row system (see fig. 6) at $2,75 + (2 \times 0,90) \times 1,75$.

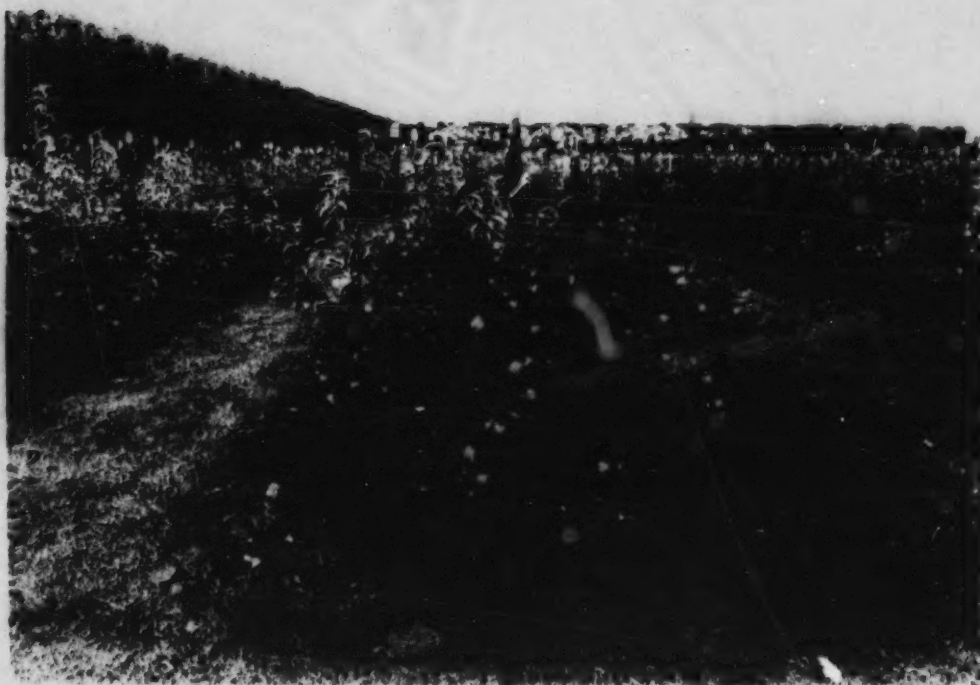


Figure 9

Culture de plein champ. Pommiers Golden Delicious sur M.9, plantés (de façon exagérée) à 1,50 x 0,80 m. On remarquera les sentiers pour opérations manuelles et pour le passage des machines permettant la pulvérisation par-dessus les rangs (v. fig. 10).

Full-field system of Golden Delicious on M. 9 planted (too extreme) at 1,50 x 0,80 m. Notice walking paths for annual operations and passage of over-row tractors (see fig. 10).



Figure 10 Dans un verger de plein champ, ce tracteur muni de pulvérisateurs peut vaporiser cinq rangs à la fois.

Over-row tractor with spraying machinery in 2, 1.25 m full-field planting. Five row are sprayed simultaneously.

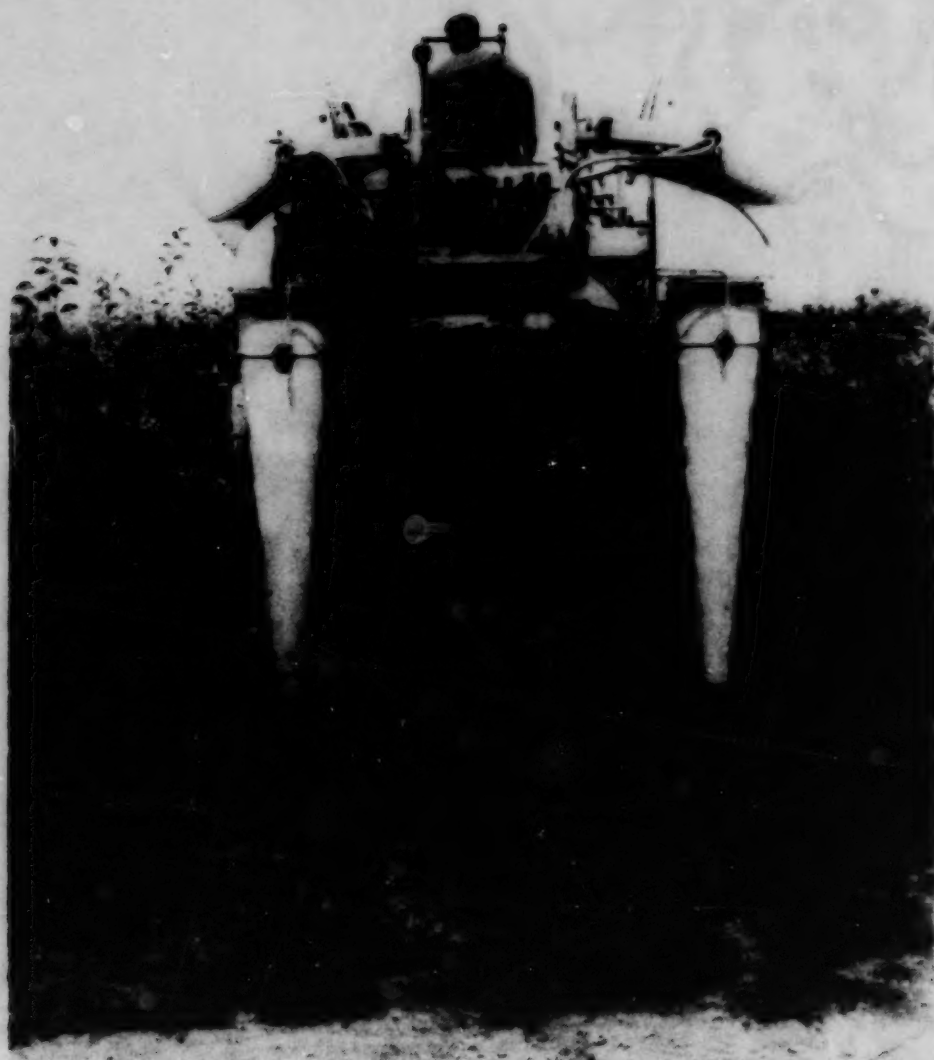


Figure 11

Pommiers d'un an ramifiés. À gauche, Kamijn; à droite, Jonagold sur M.9. Ce sont des scions de qualité supérieure. Après la plantation, on se contente d'épointer l'axe central et de supprimer quelques-unes des ramifications latérales du bas, si nécessaire. Remarquez l'angle ouvert des latérales, qui n'auront pas de ce fait à être assujetties.

One-year-old feathered trees; left, Kamijn; right, jonagold on M.9. This is top-quality plant material. After planting only light tipping of the central leader and removal of a few low laterals is necessary. Notice wide angle of laterals, making tying down unnecessary.

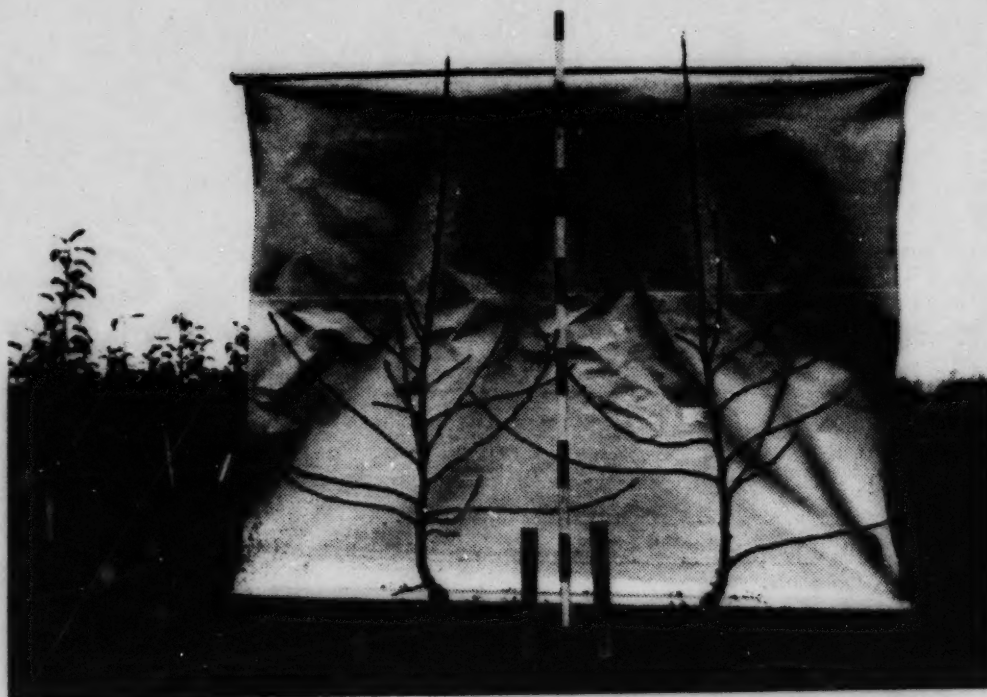


Figure 12

Plant de deux ans, Belle de Boskoop sur M.9. Ce sont d'excellents arbres pour les vergers à haute densité, pourvu qu'ils aient été convenablement rabattus (ici à 85 cm) après la première année.

Two-year-old plant material of Belle de Boskoop on M.9. Such trees are very good plant material for intensive orchards, provided that they have been cut back after one year on a proper height (here 85 cm).

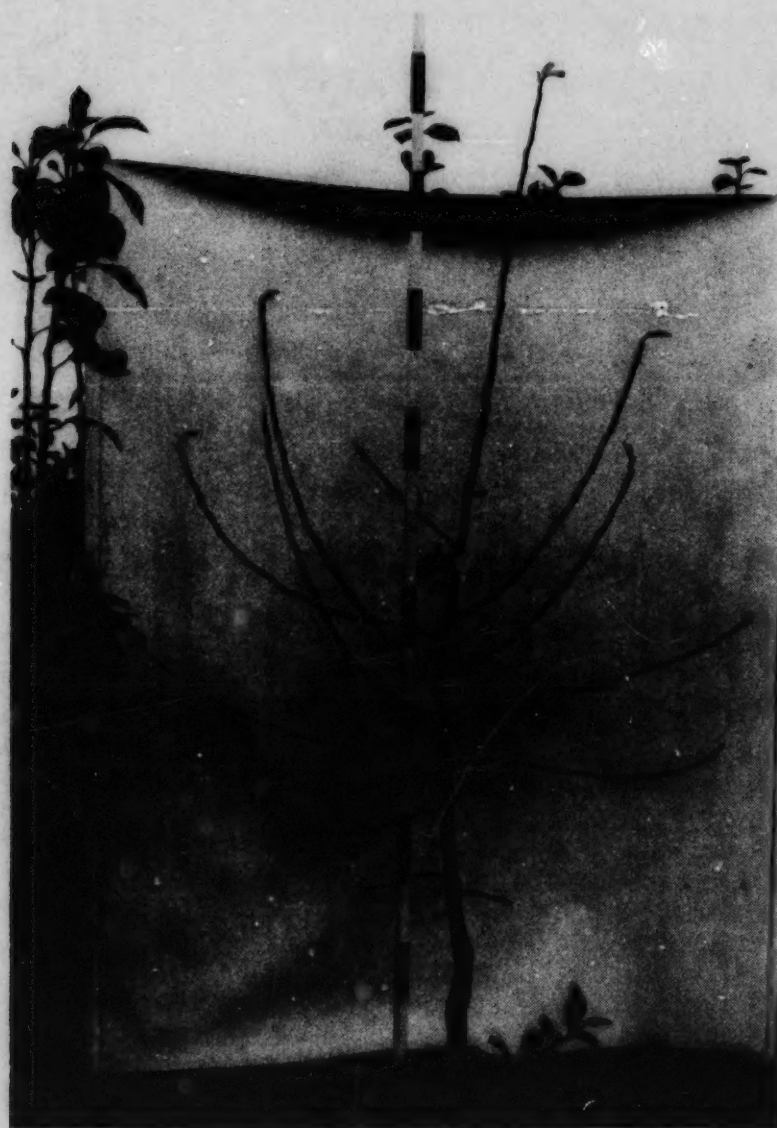


Figure 13a Belle de Boskoop sur M.9, après une saison de croissance. Scion taillé à 95 cm de hauteur après la plantation. Il suffit maintenant de courber les branches (fig. 13b).

Belle de Boskoop tree on M.9 after one growing season. Tree cut back after planting at 95 cm height. Now only bending is necessary (compare fig. 13 b).

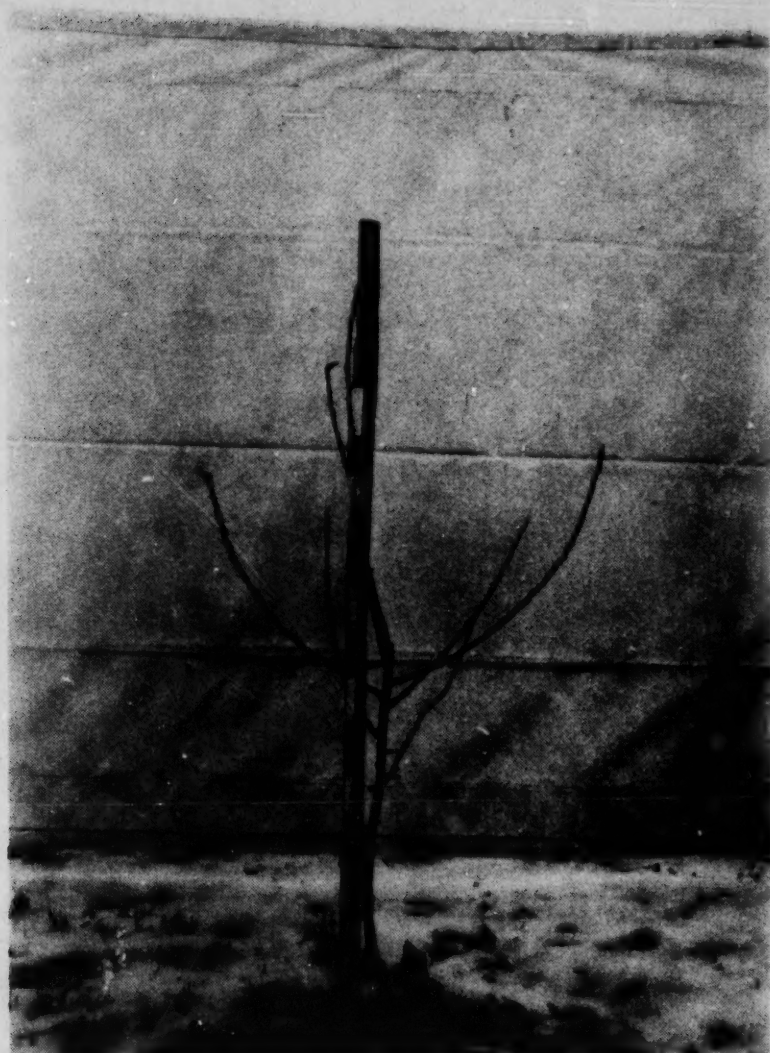


Figure 13b

Le même arbre après la courbure des branches. Cette opération doit se faire préférentiellement à la fin du premier été. Les brindilles prennent alors plus facilement la position voulue.

Same tree as in fig. 13a after bending. Bending may better be carried out late summer of the first season. Then twigs take more readily their position.

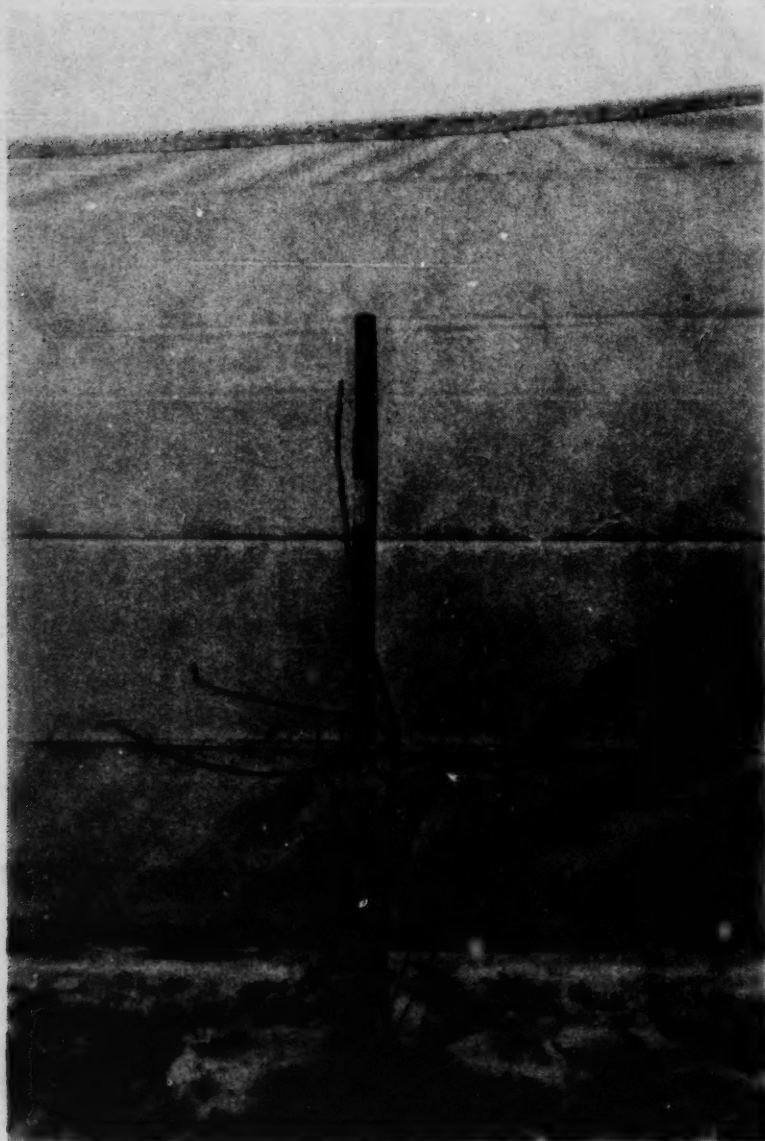


Figure 14a

Belle de Boskoop sur M.9 après deux saisons. L'arbre a été taillé à 100 cm de hauteur après la plantation. À la fin de la première saison, les ramifications latérales ont été amenées à la position voulue, mais une correction s'impose maintenant (comparez avec la figure 14b).

Belle de Boskoop tree on M.9 after two growing seasons. After planting tree cut back at 100 cm. After the first pruning season side branches bent, but correction is now necessary (compare fig. 14b).

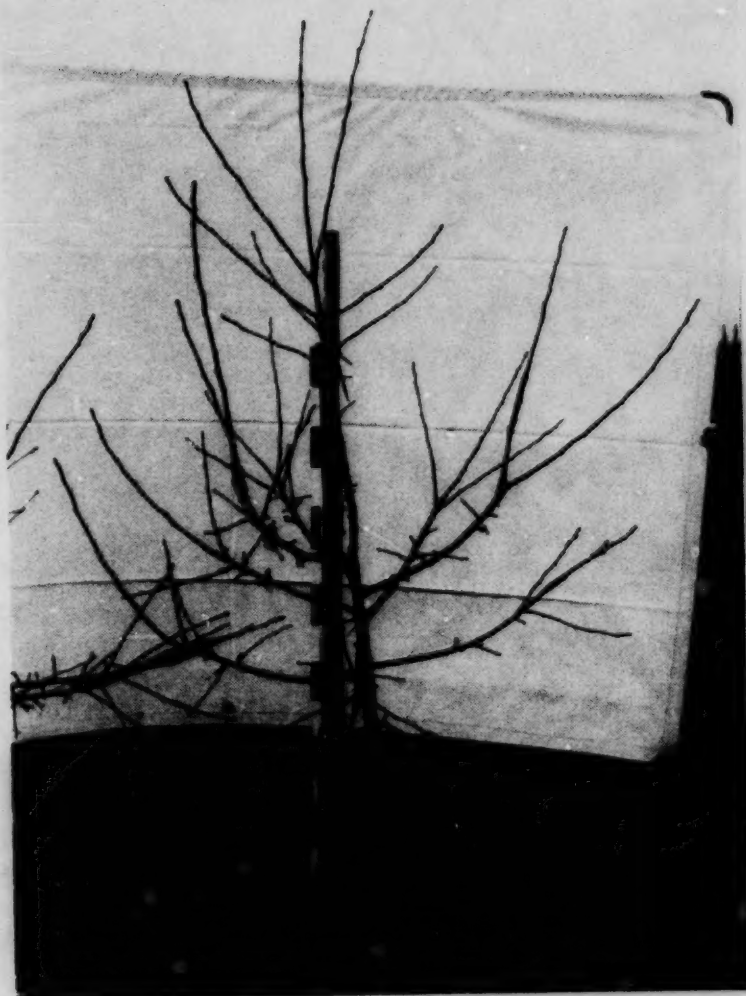


Figure 14b

Le même arbre après la taille et le redressement des branches. Le prolongement de l'axe central a été remplacé, on a supprimé une brindille concurrente à une position plus proche de l'horizontale.

Same tree as in figure 14a after pruning and bending. The central-leader extension has been replaced, a competitive twig has been removed and branches are bent more horizontally.

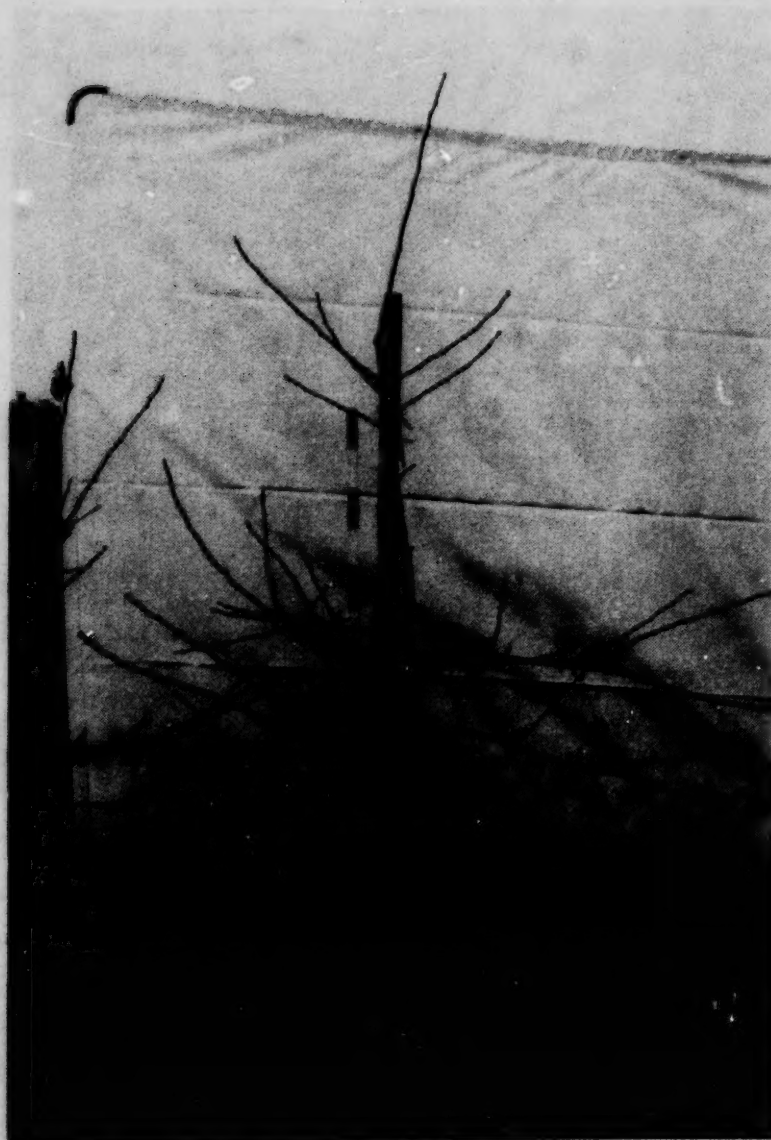


Figure 15a

Pommier Golden Delicious sur M.9, après trois saisons. Les flèches indiquent les endroits où il faudra tailler (comparez avec la figure 15b). Remarquez surtout que deux branches assez grosses au-dessus de la charpente devront être supprimées.

Golden Delicious tree on M.9 after three growing seasons. Arrows indicate where pruning is necessary (compare with fig. 15b). Notice especially that two relatively heavy branches above the frame must be removed.



Figure 15b Le même arbre que dans la figure 15a, mais après la taille. Remarquez l'axe central en zigzag, qu'on a obtenu en changeant chaque année de brindille de prolongement, ceci afin de réduire la dominance apicale.

Same tree as in figure 15a after pruning. Notice zigzag central leader attained by using competitive twigs as extensions annually. This is done to reduce top-dominance.

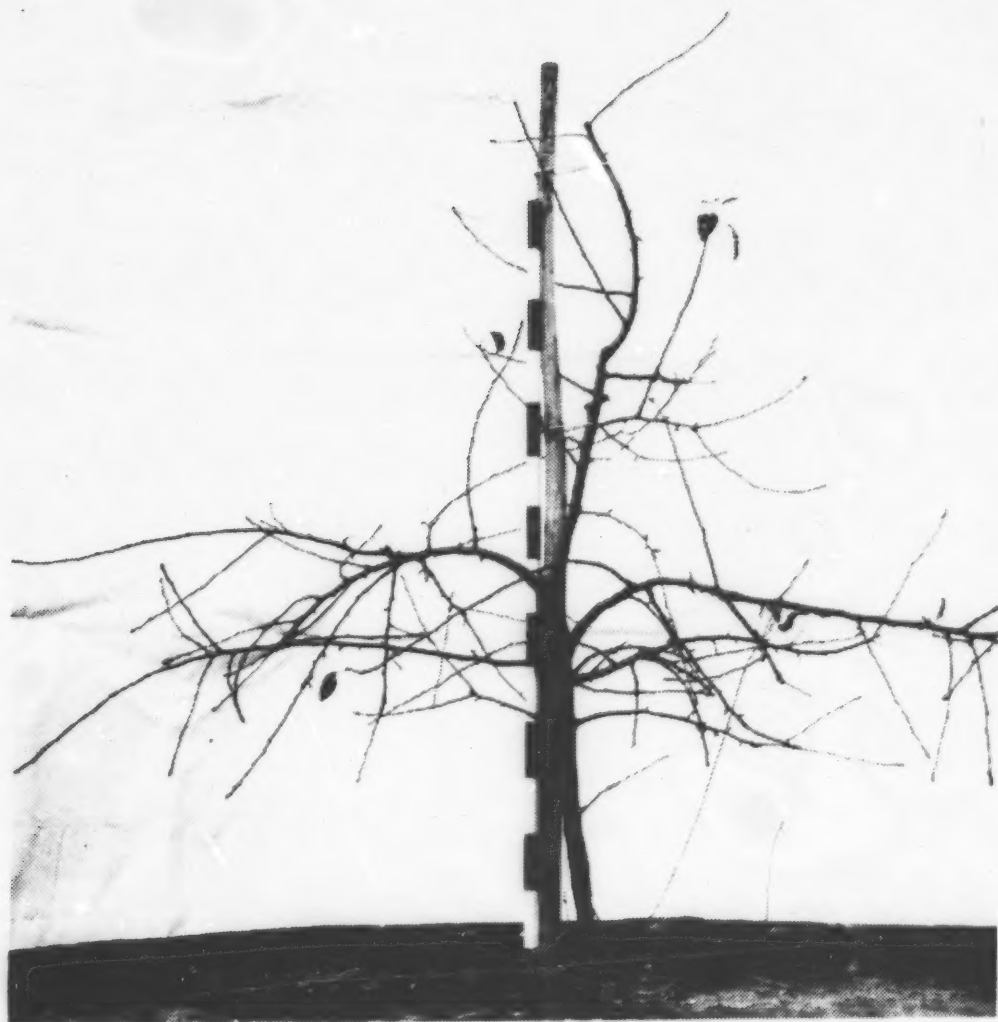


Figure 16

La période de croissance terminée, la cime devrait de préférence être rabattue sur une branche latérale plus ou moins horizontale. Toute autre greffe superflue est supprimée de façon à conserver une cime élancée.

Native tree tops are preferably headed back to a more or less horizontal side branch. Further redundant twigs are removed to keep the tree top slender.



Figure 17a

Pommiers de huit ans, Golden Delicious sur M.9, avant la taille. Remarquez les belles proportions de la charpente constituée de branches horizontales. De tels arbres provenant de cultivars fertiles exigent une somme considérable d'élagage (comparez avec la figure 17b).

Eight-year-old trees of Golden Delicious on M.9 before pruning. Notice good proportioned frame of horizontal branches. Such trees of fertile cultivars require a lot of detailed thinning pruning (compare fig. 17b).



Figure 17b

Les mêmes arbres que dans la figure 17a, mais après la taille. L'arbre a maintenant une forme vraiment conique après la suppression ou le raccourcissement de branches au-dessus de la charpente. Les rameaux fructifères de la charpente ont été raccourcis.

Same trees as in fig. 17a after pruning. Tree row clearly cone-shaped after removal of complete branches above the frame or shortening of these. Fruit wood on the frame has been shortened.



**Espacement et conduite
d'arbres fruitiers
en fuseau allongé**

Samuel Johannes Wertheim

**Proefstation voor de Fruitteelt
Wilhelminadorp
Les Pays-Bas**



Introduction

Depuis quinze ans environ, il s'est planté aux Pays-Bas un grand nombre de vergers à forte densité (plus de 1 500 arbres par hectare), tant de poiriers que de pommiers. Les jeunes arbres de ces plantations sont greffés sur M.9 pour les pommiers et sur Quince A ou C pour les poiriers. La disposition généralement adoptée est le rang simple, c'est-à-dire que chaque rangée est bordée des deux côtés par un chemin de tracteur. On retrouve aussi, mais plus rarement, des planches étroites à trois rangs, ou de plus larges à cinq ou six rangs.

Formes d'arbres

La forme la plus fréquemment utilisée dans les vergers à forte densité est le fuseau allongé, qu'on nomme ainsi pour le différencier des autres formes en fuseau: fuseau rond ou libre, ou à étages. L'arbre conduit en fuseau allongé comporte un axe central et une cime claire, élancée, de forme conique. Le cône peut avoir à sa base un diamètre de 1,25 à 2 m. La charpente est constituée de courtes branches horizontales (en général de 3 à 5) se développant à quelque 70-90 cm du sol. Sur ces branches, comme sur l'axe central, poussent des ramifications latérales fructifères plus au moins horizontales (fig. 1 et 17). L'arbre mesure de 2 à 3 m en hauteur (de 2 à 2,50 m pour la plupart), selon l'écartement des rangs. En effet, plus les rangs seront rapprochés, plus les arbres seront courts, et vice versa. Les têtes des arbres d'un même rang se rejoignent; en fait, un chevauchement d'environ 50 cm après la taille est considéré comme tout à fait normal. J'ai décrit en détail dans de précédents ouvrages la façon d'obtenir la forme en fuseau allongé (Wertheim, 1970; 1978a). On trouvera ici un résumé des méthodes de taille.

Notre attention se portera pour le moment sur une forme en fuseau encore plus allongé: il s'agit du Noord-Holland (fig. 2). Là aussi on retrouve un axe central, mais l'arbre est plus petit: environ 2 m de hauteur et une envergure maximale à la base de 1 à 1,5, selon la vigueur du cultivar. On a conservé le long de l'axe central un plus grand nombre de branches latérales fructifères parce qu'au lieu d'une taille de rénovation, on raccourcit annuellement les latérales. Cette coupe se pratique lorsqu'une branche s'écarte de la forme conique qu'on souhaite donner à l'arbre. On taille de préférence sur un dard orienté vers le bas. Contrairement au fuseau allongé, la forme Noord-Holland ne permet pas le chevauchement des têtes (Flierman et Houter, 1976; Houter, 1979).

La forme en fuseau allongé convient à tous les systèmes de plantation. Quant au fuseau Noord-Holland, il a été dit qu'il ne pouvait être utilisé qu'en planches à trois rangs, ce qui n'est pas vraiment exact car la forme de l'arbre et le système de plantation doivent être considérés séparément.

Selon ses créateurs, la forme en fuseau Noord-Holland permettrait d'obtenir des récoltes plus abondantes qu'avec la forme en fuseau allongé, et une meilleure qualité de fruit. Le premier point serait atteint grâce à une plantation plus dense, les arbres étant plus petits. Pourtant, lorsqu'on compare les mêmes diamètres de têtes (tableau 1), on constate qu'une telle différence est peu probable, puisque la forme Noord-Holland n'admet pas le chevauchement des cimes. Ce n'est que dans l'ordre de 1 m d'envergure que le Noord-Holland pourrait atteindre une plus forte densité à l'hectare, car un tel diamètre maximal n'est pas jugé réaliste dans le cas des formes en fuseau allongé, l'envergure minimale étant d'environ 1,25 m. Quant à la qualité du fruit, on espère l'améliorer par une taille plus rigoureuse. De plus, la sveltesse des arbres permettrait un meilleur éclaircissement. Dans les faits cependant, il a été démontré que les fuseaux Noord-Holland deviennent très touffus, ce qui nuit à la coloration du fruit (Wertheim et Joosse, 1980). La cause en est imputable non seulement au grand nombre de branches laissées le long du

TABLEAU 1 Envergure et forme des arbres, espacement et nombre d'arbres par hectare, selon trois systèmes de plantation

Fuseau allongé (chevauchement 50 cm)					Fuseau Noord-Holland (sans chevauchement)				
Envergure m	Distance m	Arbres ha	Larg. planches m	Arbres Rang	Distance m	Arbres ha	Larg. planches m	Arbres Rang	
RANGÉES SIMPLES									
1,00	-	-	-	-	2,50 x 1,00	4 000	-	-	
1,25	2,75 x 0,75	4 849	-	-	2,75 x 1,25	2 909	-	-	
1,50	3,00 x 1,00	3 333	-	-	3,00 x 1,50	2 222	-	-	
1,75	3,25 x 1,25	2 461	-	-	-	-	-	-	
2,00	3,50 x 1,50	1 905	-	-	-	-	-	-	
PLANCHES DE TROIS RANGS									
1,00	-	-	-	-	2,50+(2x0, 67)x 1,50	5 195	2,35	3	
1,25	2,75+(2x0, 48)x 1,75	4 621	-	3	2,75+(2x0, 90)x 1,75	3 768	3,05	3	
1,50	3,00+(2x0, 75)x 2,00	3 333	-	3	3,00+(2x1, 10)x 2,00	2 885	3,70	3	
1,75	3,25+(2x0, 99)x 2,25	2 549	-	3	-	-	-	-	
2,00	3,50+(2x1, 22)x 2,50	2 020	-	3	-	-	-	-	
PLANCHES PLUS LARGES									
1,00	-	-	-	-	2,50+(6x1, 00)x 1,50	5 490	7,00	7	
1,25	2,75+(8x0, 75)x 1,75	5 878	7,25	9	2,75+(5x1, 25)x 1,75	3 810	7,50	6	
1,50	3,00+(6x1, 00)x 2,00	3 889	7,50	7	3,00+(4x1, 50)x 2,00	2 778	7,50	5	
1,75	3,25+(5x1, 25)x 2,25	2 807	8,00	6	-	-	-	-	
2,00	3,50+(4x1, 50)x 2,50	2 105	8,00	5	-	-	-	-	

tronc, mais aussi à la stimulation de croissance provoquée par la taille.

La forme en fuseau Noord-Holland est nouvelle et n'a donc été que très peu expérimentée. Ce n'est qu'avec le temps qu'on pourra juger de son efficacité. Nous ne nous attarderons pas ici à décrire la façon de conduire des arbres fruitiers vers cette forme.

Systèmes de plantation et distances

Les raisons qui ont amené les arboriculteurs des Pays-Bas à constituer des vergers à haute densité sont exposées dans les ouvrages de Roosje (1970) et Wertheim (1973, 1978b). Des notes historiques sont fournies par Wertheim (1977) tandis que Goedegebure (1976; 1978; 1980) traite le sujet du point de vue économique.

Les vergers aménagés en rangées simples (fig. 3) prédominent aux Pays-Bas. L'écartement entre les rangs de pommiers va de 3 m (à l'occasion un peu moins) à 3,75 m, mais se situe le plus souvent entre 3,25 à 3,50 m. Les arbres d'un même rang sont espacés de 1 m (quelquefois un peu moins) à 1,75 m, généralement entre 1,25 et 1,50 m. Lorsqu'il s'agit de poiriers, les espacements à l'heure actuelle varient de 3,25 x 1,25 m à 3,50 x 1,50 m.

Le choix de l'espacement sera fonction de la vigueur de croissance, qui, elle, est déterminée par la vigueur variétale et par les conditions du sol. Il va sans dire que l'expérience de l'arboriculteur entrera aussi en jeu. Les distances données équivalent à une densité de 1 500 (3,75 x 1,75 m) jusqu'à - en poussant à l'extrême - 4 100 (2,75 x 0,75 m) arbres par hectare. Toutefois, la plupart des vergers comptent de 1 900 (3,50 x 1,50 m) à 2 500 (3,25 x 1,25 m) arbres par hectare.

La forme en fuseau allongé est quelquefois adoptée pour des plantations à rangées multiples (fig. 4 et 8). Il s'agit d'une disposition en planches plus larges, comportant de 2 à 6 arbres en quinconce (parfois

même davantage), et séparées par des chemins pour tracteur. La densité varie selon l'écartement, qui, lui, dépend du diamètre de tête qu'on choisira de donner aux arbres. Le tableau 1 (partie de gauche), tiré des études de Uitterliden (1978), présente une diversité de choix. Les figures 5 et 6 aideront à comprendre le système de notation utilisé. Les planches les plus larges ne devraient pas dépasser 7 m, car en dépit des méthodes d'adaptation qu'on pourrait imaginer, il n'est pas possible avec les machines actuelles d'effectuer efficacement sur les planches plus larges les vaporisations nécessaires (fig. 7). On obtient, croit-on, une meilleure pénétration du liquide vaporisé lorsque les arbres sont plantés en lignes obliques plutôt que perpendiculaires aux allées (fig. 5). Le centre des rangs croisés se trouve en ligne avec l'entrée du sentier pédestre.

Le tableau 1 indique aussi l'espacement et la densité des plantations d'arbres fruitiers conduits en fuseau Noord-Holland. Seuls trois diamètres de têtes peuvent être considérés (Houter, 1979): 1, 1,25 et 1,50, selon qu'il s'agisse de variétés vigoureuses, moyennement vigoureuses ou faibles. Ce sont ces diamètres qui ont été utilisés dans le tableau 1 pour les divers systèmes de plantation. Les créateurs de la forme Noord-Holland n'ont toutefois recommandé que l'aménagement sur trois rangées (fig. 6 et 8). Ce système en planches est bien conçu et permet une accessibilité beaucoup plus grande que l'ancien système en planches à trois rangées (Wertheim, 1973) qui s'est révélé très peu satisfaisant.

Lorsqu'on considère les densités dont fait état le tableau 1, il faut se rappeler que selon les conditions qui prévalent dans les Pays-Bas, seules les plantations à densité allant jusqu'à 4 000 arbres par hectare ont fait l'objet d'une évaluation du point de vue économique (Goedegebure, 1976; 1978). Il a été démontré que si la croissance est vigoureuse, il y a peu d'avantage à porter le nombre d'arbres au-dessus de 2 000 ou 2 500 par hectare. Toutefois, dans des conditions moins favorables, une densité par hectare s'échelonnant entre 3 000 et 4 000 arbres pourrait être plus profitable, à condition que certaines exigences soient respectées.

La rentabilité dépendra de l'interaction de trois facteurs, soit le coût de l'arbre et du tuteur, le niveau de rendement du verger et le prix de vente du produit. Si l'exploitant n'a guère d'influence sur les deux premiers éléments, il peut agir quelque peu sur le dernier en s'efforçant de produire un fruit de qualité. Mais c'est surtout en augmentant la production par hectare qu'il peut rentabiliser davantage l'exploitation. D'où son intérêt pour des plantations plus denses.

La disposition en rangées multiples offre plus de possibilités d'augmenter le nombre d'arbres par hectare que la disposition en rangées simples. Dans le premier cas, les chemins pour tracteur étant moins nombreux, plus d'espace est réservé à la plantation d'arbres. Il en résulte une plus grande captation de lumière et du même coup une meilleure productivité du verger. Des expériences ont prouvé que, comparativement aux plantations à rangées simples, et si l'on tient compte d'un nombre égal d'arbres, le rendement s'est accru dans les vergers disposés en planches comprenant plusieurs lignes d'arbres (Wertheim et Westerlaken, 1978; 1979).

La disposition en rangs multiples peut cependant affecter la couleur moyenne du fruit. Dans certaines des expériences tentées, il n'y a pas eu altération de la couleur, tandis que dans d'autres on a pu constater que le rouge s'était affadi. Il semble bien que le chemin pour tracteur, bien qu'on puisse le considérer comme une perte d'espace, a cet avantage de permettre une meilleure pénétration de la lumière dans la ramure. Pour que le fruit puisse acquérir la couleur désirée, il faudrait que les arbres des planches à rangées multiples soient gardés plus courts que ceux des rangées simples, afin que la lumière s'infilte mieux par le dessus. C'est par crainte d'une altération de la couleur moyenne des fruits que la plupart des exploitants hésitent à adopter le système de plantation en planches plus larges. Ils savent que même une légère diminution du prix obtenu pour le produit peut avoir de fortes répercussions sur la rentabilité de leur exploitation, comme l'a clairement démontré l'étude de Goedegebure (1976, 1978). Sans compter que

l'entretien d'un verger à rangs multiples est plus difficile, en dépit de l'aménagement de sentiers croisés (fig. 5). De plus, la vaporisation sur de larges planches est moins efficace, comme en témoigne la plus grande fréquence de maladies et de dommages dus aux insectes au centre des planches (van Dieren et coll., 1979). C'est pourquoi les exploitants qui décident d'adopter la disposition en planches - et ils sont une minorité - se limitent à d'étroites planches de trois rangées. De cette façon il leur est possible d'assurer une bonne protection sanitaire du verger.

La culture de plein champ pourrait bien dans l'avenir constituer le moyen terme entre la plantation en rangée simple et la plantation en planches à rangées multiples. Les arbres, assez courts, seraient quand même disposés en rangées, mais celles-ci seraient rapprochées et, au lieu de chemins assez larges pour y faire circuler un tracteur, on ne pratiquerait que des sentiers pour les opérations manuelles (fig. 9) et pour le passage de machines vaporisant au-dessus des rangs (fig. 10). De tels systèmes de plantation - par exemple, à 2 x 1,25 m - permettent une forte densité par hectare sans rogner sur l'espacement dans les rangs. Des arbres trop rapprochés pourraient produire des fruits plus petits en raison d'une plus forte concurrence pour l'eau et les éléments nutritifs du sol. Il semble que la plantation de plein champ permette à la fois une meilleure captation et une meilleure distribution de la lumière (Palmer, 1980), d'où la possibilité d'une plus abondante récolte de gros fruits bien colorés. Les expériences en cours laissent espérer d'excellents résultats. Jusqu'ici, à une exception près, ce système de plantation n'a jamais dépassé le cadre expérimental. Peut-être la culture de plein champ connaîtra-t-elle une plus grande popularité avec la mise sur le marché à prix économique de machines permettant la pulvérisation par-dessus les rangées.

Le choix des plants

Pour qu'un verger soit rentable, il faut que le niveau moyen de rendement

soit élevé dès les premières années de production, et cela on ne peut l'obtenir que par la qualité des plants (van Oosten, 1978; Goedegebure 1979). On choisira des scions d'un an, forts de tige et bien ramifiés (fig. 11), qui seront très productifs pour peu qu'on leur assure un bon départ.

C'est la tâche du pépiniériste de produire des arbres de qualité, d'abord en utilisant pour chaque cycle d'élevage un sol nouveau, puis en assurant aux plants un espacement convenable qui leur permettra de se ramifier. Pour les pommiers, par exemple, la distance pourrait être de 1,00 x 0,30 (0,35) m. Il se peut que dans un avenir rapproché on fasse un large usage d'agents chimiques (leur utilisation est actuellement interdite) pour stimuler la pousse de branches chez les cultivars qui ne produisent pas naturellement de ramifications latérales. En réalité, les arbres chez qui on a provoqué chimiquement la production de pousses latérales donnent un rendement considérablement plus élevé au cours des premières années que les arbres non traités. Dans un cas, par exemple, la cueillette par arbre a été de 5 kg supérieure les quatre premières années. A 2 500 arbres par hectare, cela représente un surcroît de récolte de 12,5 tonnes.

Les arbres de deux ans peuvent aussi constituer d'excellents plants s'ils ont été convenablement taillés en pépinière après la première année (fig. 12). Il est fréquemment arrivé dans le passé que la taille de première année ait été trop courte pour que ces arbres puissent être utilisés dans un verger. Le pépiniériste doit finalement prendre soin que les arbres bien branchus puissent arriver sans dommage chez l'arboriculteur. Quant à ce dernier, il lui faut savoir qu'il vaut mieux ne pas lésiner sur la qualité lorsqu'il s'agit de l'exploitation intensive d'un verger !

Pour favoriser la croissance, on peut ajouter du terreau dans le trou de plantation, puis recouvrir le trou de matière organique pour réduire l'évaporation. On assure ensuite au plant un arrosage généreux (par exemple, par aspersion). La combinaison de ces trois traitements peut

se traduire par une augmentation importante du rendement. Par exemple, des arbres Jonagold ainsi plantés ont produit au cours des trois premières années 19,4 kg comparativement à 10,4 kg pour des arbres qui n'ont pas reçu les mêmes soins à la plantation. C'est donc dire qu'on a récolté en deux ans 17 tonnes de plus par hectare.

Pour assurer un bon rendement d'année en année, il faut bien sûr qu'il y ait une forte pollinisation croisée. C'est pourquoi il est bon de faire alterner les cultivars. Dans les plantations en rangées simples, on peut faire alterner de deux (pour les moins productifs) à quatre rangs d'un cultivar avec des rangs d'un autre cultivar.

Taille de formation en fuseau allongé

Pour qu'un verger soit aussi productif qu'on le souhaite, il est important que les arbres soient bien taillés dès leur plantation. La taille des arbres fruitiers est un art qui ne s'apprend pas dans les livres. La description qui suit sera donc forcément sommaire. Quelques photographies serviront à en illustrer les aspects les plus difficiles à expliquer. J'ai déjà, en 1970, présenté en photographies une description détaillée de la taille de quatre cultivars de pommier.

Les scions d'un an non ramifiés sont rabattus à une hauteur de 85 à 100 cm (pour les cultivars retombants) du sol. Quant aux scions ramifiés, l'axe central est rabattu à 30 ou 40 cm au-dessus du plus haut rameau utile. Les arbres qui sont particulièrement bien branchus (fig. 11 et 12) n'auront peut-être besoin d'aucune taille, bien qu'un léger époinçage de l'axe central est souvent bénéfique. On évite ainsi qu'une trop longue partie de l'axe central soit dénudée au-dessus de la future charpente. Les branches latérales les plus basses seront enlevées jusqu'à environ 40 cm au-dessus du sol. Les autres ramifications latérales seront toutefois conservées.

Après une saison de croissance, si les scions non ramifiés ont produit

la première année des ramifications latérales obliques (fig. 13), il faudra procéder à leur inclinaison. Cette opération s'effectue de préférence à la fin de l'été lorsque l'arbre est au repos. On ne la pratique que sur les pousses dont l'angle n'est pas trop aigu. Quant aux autres, il vaut mieux les enlever, tout comme on supprimera les rameaux qui font concurrence à l'axe central s'il existe suffisamment de ramifications latérales bien placées pour former la charpente. Chez les cultivars à dominance apicale, la flèche de l'axe central est souvent rabattue et remplacée par une branche latérale concurrente. Après avoir répété cette opération quelques années, on obtient un axe central en zigzag (fig. 15), ce qui semble être un moyen de réduire la dominance apicale. Les latérales, comme la flèche de l'axe central, ne sont généralement pas taillées, sauf dans le cas des cultivars à bois nu, dont on peut rabattre légèrement la flèche.

Après la deuxième saison d'activité végétative, le prolongement de l'axe central reçoit le même traitement que l'hiver précédent (fig. 14). Les ramifications latérales ou les branches au-dessus de la charpente auront été au besoin assujetties, de préférence au cours de l'été précédent. Là encore, on ne le fait que pour les pousses dont l'angle est satisfaisant. On prévient aussi la formation de fourches à angle aigu en enlevant sur les branches les ramifications qui feraient concurrence aux brindilles de prolongement. Les brindilles verticales ou orientées vers le centre de l'arbre sont supprimées, mais les latérales sont là aussi laissées intactes.

Après trois saisons de croissance, la tête de l'arbre est rabattue sur une latérale oblique ou horizontale. Les pousses superflues de la tête sont supprimées. La cime doit demeurer assez claire par rapport à la base de la tête. Au-dessus de la charpente, il peut devenir nécessaire d'enlever des branches entières pour éviter que le dôme devienne trop touffu et la charpente trop ombragée. Il faudra peut-être aussi raccourcir certaines branches, en particulier les branches retombantes, lorsqu'elles deviennent trop longues (fig. 15). On s'efforcera toujours

de conserver la forme conique de l'arbre. Comme l'année précédente, on fera disparaître les rameaux verticaux ou orientés vers le centre de l'arbre.

Après quatre saisons, l'arbre a généralement atteint sa pleine croissance. Alors, de même que les années suivantes, la taille d'entretien consistera à rabattre la tête, de préférence sur des latérales (fig. 16), tandis qu'on pratiquera une taille rénovatrice le long de l'axe central et des branches charpentières, mais sans exagération, afin d'éviter une baisse de production. La taille de rénovation s'imposera peut-être au-dessus des charpentières pour en favoriser l'éclairement. Si l'on a affaire à des cultivars très fertiles, il serait bon d'élaguer et de raccourcir les branches fructifères pour améliorer la qualité des fruits (fig. 17).

La haie formée par les arbres fruitiers conduits en fuseau allongé doit, en travers, demeurer conique.

Conclusion

Ce sont des circonstances particulières aux Pays-Bas qui ont amené les méthodes de culture que je viens de décrire. Elles ne doivent pas nécessairement être copiées là où les conditions diffèrent. Par exemple, l'économie d'un verger à forte densité repose entre autres sur le coût des arbres, qui peut grandement varier d'un pays à un autre. Il faut aussi tenir compte du fait que les rameaux fragiles des arbres conduits en fuseau allongé ne pourraient guère supporter sans se rompre d'abondantes chutes de neige. Ce système de plantation serait donc moins indiqué dans des régions aux hivers long et neigeux.

Résumé

Voilà en résumé l'aspect actuel de l'arboriculture fruitière hollandaise, du point de vue de la forme donnée aux arbres, de leur disposition et des distances de plantation. Nous avons traité ici de la forme en fuseau

allongé et - très brièvement - de la forme plus nouvelle qu'on a appelée le fuseau Noord-Holland. Notre exposé sur la première s'accompagne d'un certain nombre de photos. Nous avons particulièrement insisté sur l'importance de n'utiliser que des scions de qualité pour assurer au verger un bon rendement dès son implantation. C'est là une condition essentielle de rentabilité d'une exploitation à haute densité.

La disposition des arbres en simples rangées est celle qui est le plus couramment adoptée, mais nous avons traité aussi des rangées multiples, par exemple, de la nouvelle disposition en planches plus larges comprenant trois lignes d'arbres.

La possibilité de cultures de plein champ où les chemins de tracteur sont remplacés par des sentiers pour la cueillette manuelle et pour la passage de machines permettant la pulvérisation par-dessus les rangées a aussi été abordée.

Bibliographie

- 1 Dieren, J.P.A. van, Beeke, H., et Remijnse, W. 1979. De invloed van het plantsysteem en de wijze van spuiten op de kwaliteit van de bestrijding van ziekten en plagen bij appel. *De Fruitteelt* 69: 596-597.
- 2 Flierman, J. et Houter, J., 1976. Alternatieve plantsystemen I en II. *De Fruitteelt* 66: 1170-1172; 1190-1192.
- 3 Goedegebure, J. 1976. Bedrijfseconomische aspecten van intensieve beplantingen. Publ. Proefstation voor de Fruitteelt, Wilhelminadorp, 15: 45 p.
- 4 Goedegebure, J., 1978. Business-economic aspects of high density plantings in The Netherlands. *Acta Horticulturae*, 65: 21-29.
- 5 Goedegebure, J., 1979. Een goede boom is niet gauw te duur. *De Fruitteelt* 69: 1421-1423.
- 6 Goedegebure, J., 1980. Economic aspects of high density plantings in apple growing in The Netherlands. *Acta Horticulturae* 114: sous presse.
- 7 Houter, J., 1979. De Noord-Holländische Pflanz- und Schnitt system. *Obstbau* 4: 433-437.
- 8 Oosten, H.J. van, 1978. Effect of initial tree quality on yield. *Acta Horticulturae* 65: 123-127.
- 9 Palmer, J.W., 1980. Computed effects of spacing on light interception and distribution within hedgerow trees in relation to productivity. *Acta Horticulturae* 114: sous presse.
- 10 Roosje, G.S., 1970. Experience with high density plantings in Holland. *Proc. 115th Ann. Meeting N.Y. State Hort. Soc.* 115: 21-36.
- 11 Uitterlinden, L., 1978. Boomvormen en plantsystemen in beweging. *De Fruitteelt* 68: 174-179.
- 12 Wertheim, S.J., 1970. The training of the slender spindle of four apple varieties. Publ. Proefstation voor de Fruitteelt, Wilhelminadorp 10: 158 p.
- 13 Wertheim, S.J., 1973. Intensive orchards: design and training Compact Fruit Tree. *Int. D.F.T.A. Michigan State Univ. Publ.* 6: 104-121.
- 14 Wertheim, S.J., 1977. Van boomgaard naar beddenteelt. *De Fruitteelt* 67: 1474-1484.

- 15 Wertheim, S.J., 1978a. Pruning of slender spindle type trees. *Acta Horticulturae* 65: 173-179.
- 16 Wertheim, S.J., 1978b. Intensive apple orchards with slender spindles. *Acta Horticulturae* 65: 209-216.
- 17 Wertheim, S.J. et Joosse, M.L., 1980. Veranderingen nodig bij de Noordhollandse snoei. *De Fruitteelt* 70: 308-311.
- 18 Wertheim, S.J. et Westerlaken, J., 1978. Plantsysteem en vruchtkwaliteit. *De Fruitteelt* 68: 200-204.
- 19 Wertheim, S.J. et Westerlaken, J., 1979. Ontwikkelingen in boomvormen en plantsysteem. *De Fruitteelt* 69: 148-153.

Soil Management in the Modern Fruit Orchard

Robert A. Cline

**Horticultural Research
Institute of Ontario
Vineland Station
Canada**



Abstract

Soil management and fertilizer use is and will continue to be extremely important in the modern fruit orchard. Nitrogen for example, can influence blossom buds, fruit set, size, color, storage life, tree growth and extent of winter injury. Fertilization must be done properly. Time of application rate and source are factors to be considered.

Potassium, magnesium and micro nutrients are also important in fruit production and demands will be greater in modern orchards with higher tree densities.

The best method of determining the effectiveness of a fertilizer program and of avoiding nutritional problems is by the use of leaf analysis. More growers in Ontario are using this technique. Fruit analysis may become more widely used in the future in determining fruit storage life.

Trickle irrigation, a new concept of preventing rather than correcting moisture stress will be extensively used in the future not only to supply moisture but also to gain better control of tree nutrition and provide a more efficient way of supplying fertilizer.

Systems of soil management have changed over the years. Herbicides now play a more important part and this trend will continue with more intensive production. However environmental concerns may limit the materials used. The effects of herbicides on soil pH are also of concern and need further research.

Proper soil management and fertilizer use is extremely important in the production and fruit quality of modern orchards. Improper nitrogen fertilization, for example, can result in large, poorly colored fruit that does not store well, or in highly colored fruit that is too small to be marketed (1,6). Time of application, rate and source of nitrogen fertilizer are factors that must be considered.

In experiments conducted on coarse sandy loam soils in Norfolk County of Ontario ammonium nitrate and muriate of potash were compared to potassium nitrate for McIntosh and calcium nitrate for Spy. Two rates of nitrogen were used at three times of application, April 1, 15 and 30 (Table 1). Early in the experiment the importance of both rate and time of application of N on the grade out of McIntosh became evident. The high rate at any time of application resulted in more cee grade apples (Table 2). Late application also resulted in more cee grade fruit.

Table 1 Fertilizer rates applied April 1, 15, 30, 1971-1977

	McIntosh ¹				Spy ²			
	<u>High Rate</u>		<u>Low Rate</u>		<u>High Rate</u>		<u>Low Rate</u>	
	N	K ₂ O	N	K ₂ O	N	K ₂ O	N	K ₂ O
	Kg per tree year							
1971	,62	2,0	,31	1,0	,62	2,0	,31	1,0
1972-3	,78	2,4	,39	1,2	,80	1,4	,46	1,4
1974-5	,78	2,4	,39	1,2	,88	1,4	,44	1,4
1976-7	,98	2,8	,46	1,4	,88	1,1	,44	1,1

1/ Sources of N and K-NH₄NO₃+KCl or KNO₃.

2/ Sources of N - NH₄NO₃ or Ca(NO₃)₂.

Table 2 The effect of rate and time of application of ammonium nitrate on % cee grade McIntosh after C.A. storage until April, 10, 73

	Time of application		
	<u>April 1</u>	<u>April 15</u>	<u>April 30</u>
High Rate	16,8	15,8	33,0
Low Rate	5,3	11,3	17,6

The difference between source of nitrogen was not as obvious. The percent rot after storage in 1975 for example was slightly more at the high rate of potassium nitrate than at the high rate of ammonium nitrate (Table 3) but there was no difference at the low rate between sources. Again fruit from the high rate or with late application did not keep as well as those from the low rate or with application in early April.

Table 3 The effect of rate, time of application and source of N and K on % in McIntosh stored until May 20/75

	<u>NH₄NO₃ + KCl</u>		<u>KNO₃</u>	
	High	Low	High	Low
April 01	2,0	1,1	5,1	1,0
15	1,6	2,3	2,7	2,3
30	7,3	3,7	8,6	6,0

Similar differences were found with Spy. No advantages were found with calcium nitrate compared to ammonium nitrate. Time of application and rate were much more important factors in bitterpit development than source of N.

As energy costs increase the energy input into fertilizers, particularly nitrogen fertilizers become more important. Most new nitrogen manufacturing plants in North America are producing urea since this is the most efficient source of N from an energy standpoint. In experiments at Vineland more nitrogen has been required as urea than as ammonium nitrate to achieve the same level of leaf nitrogen. Some of the nitrogen may be lost when urea is applied to the grass in sod orchards. These studies are continuing.

Another method of applying nitrogen is by foliar sprays. We have been examining the effects of supplementing reduced rates of soil applied nitrogen by timely applications of urea sprays. With McIntosh we have achieved better colored fruit which stores with less loss from rot and with no yield reduction by applying a portion of the nitrogen to the foliage. Application of urea sprays in July has increased the number of flower clusters per meter. Application at bloom has increased set and yields (Table 4). However relying entirely on foliar application of urea to supply all N requirements has resulted in lower set and yields.

Table 4 The effect of urea sprays on McIntosh bloom, set and yield in 1977

Soil Applied NH_4NO_3 kg/tree	Urea sprays		Clusters/ Meter	Fruit/ Meter	% Set	kg/tree
	Number	Time				
,68	0		19,2	16,7	15,5	233
,34	2	in July	20,8	15,6	15,0	240
,34	2	at bloom	18,2	15,9	17,5	261
0	4	at bloom & July	19,5	14,6	14,1	171

Even more important are the effects of fertilizer and soil management practices on the longevity of the orchard. For example, cultivation of

peach orchards late in the season can result in serious winter injury and peach canker problems (7). Peach canker is the most serious problem that Ontario growers face.

In a survey of peach orchards in the Niagara peninsula we found that both excessive or deficient levels of nitrogen can result in serious peach canker and winter injury problems (Table 5). Delayed leaf fall is an indication of high nitrogen levels which could lead to peach canker problems. High levels of potassium helped to overcome the effects of high nitrogen levels. Fireblight is another serious disease that can be related to excessive nitrogen levels (5). We have found that the application of potassium can partially reduce the effects of high nitrogen on the extent of fireblight on pears and apples. The balance of nitrogen with potassium is extremely important. Relatively high nitrogen levels will cause less serious problems if the nitrogen is balanced with potassium.

Table 5 Relationship between leaf N on canker rating and extent of leaf fall

July N Rating	Leaf Nitrogen		Canker Rating ^{1/}	Leaf fall ^{2/}
	Mid July	Sept.		
	% dry weight			
Deficient	3,11	2,69	5,5	0
Low adequate	3,50	2,76	3,0	0
Adequate	3,67	3,07	2,9	1,5
High adequate	3,84	3,21	4,8	1,7
Excessive	4,22	3,26	4,1	2,3

^{1/} Canker rated from 1 (none) to 10 (severe).

^{2/} Leaf fall rated in Oct. from 0 (complete) to 5 (none).

As the intensity of fruit production increases secondary and micronutrient

disorders become more common. Zinc deficiency results in winter injury problems that shorten the life of apple orchards. Manganese deficiency or toxicity is also becoming more evident. Deficiency is often related to high soil pH while toxicity occurs at low soil pH's. Correcting soil pH may correct manganese problems. We have found that manganese deficiency of peach is effectively corrected by sprays of manganese chelate.

Boron deficiency is also frequently related to soil pH and occurs under alkaline conditions or with soil moisture stress in dry years. Again foliar application is the most effective method of correcting this problem.

We have found under Ontario conditions an increasing incidence of magnesium deficiency. Again foliar application has been the most effective method of correcting deficiency. Soil application of dolomitic limestone under acid conditions and sulphomag when potassium is low have also helped to correct this problem. Response has been slow with at least three years needed to show increased leaf Mg. The balance between potassium and magnesium is very important. Frequently magnesium deficiency is the result of repeated application of high rates of potassium fertilizer. Magnesium deficiency results in premature fruit drop.

The nutrient that perhaps has received the most attention in the 60's and 70's is calcium. Prior to that it had been ignored in fruit production. Calcium deficiency while the fruit enlarges and matures has been related to such disorders as bitter pit of apple (2,4), gumming of Italian prune (3) and stem necrosis of certain grape varieties. We have successfully reduced the extent of these disorders by timely applications of calcium sprays (3). At the present time we are studying the effects of mixing calcium with pesticides to avoid extra spray applications. Calcium chelate has recently become available which may be an effective source of calcium.

The importance of tree nutrition is obvious from the previous discussion. The best method to determine the effectiveness of a fertilizer program is by leaf analysis. In Ontario more growers used leaf analysis in 1979 than ever before. With increasing fertilizer prices and concern for fruit quality an accurate guide to fertilizer requirements is very important. Leaf analysis provides that guide. In the future fruit analysis may be more widely used to determine fruit storage life. This method is being used in England and the growers' return for certain varieties is based on that analysis.

In eastern North America irrigation is not widely used in tree fruit or grape production. Trickle irrigation is based on the concept of preventing rather than correcting moisture stress. Water is applied only to a portion of the rooting area on a daily basis replacing that which has been lost by evaporation or transpiration. Since not all of the soil is wetted, water requirements are less than with conventional irrigation.

In experiments with grapes, yield increases of over 40% have been measured at Vineland with trickle irrigation (Table 6). Responses have depended on rainfall, cultivar and training system. The training system, with the greatest yield potential gave the largest yield increase. In none of the years 1972-1977 was there a decrease in sugar content of the fruit associated with trickle irrigation. In fact in 1973 sugars were higher with trickle irrigation.

It is important with grapes and with tree fruits to start irrigation early. Delaying until signs of moisture stress appear will result in reduced responses. Irrigating late in the season (mid Sept.) has not led to more serious winter injury or peach canker.

Trickle irrigation also provides an effective method of applying fertilizer. Often when fertilizer is applied dry there is a long delay before there is rain to carry it down to the root zone. This can result in late growth and poor quality fruit. By dissolving the fertilizer and

Table 6 The effect of training systems and trickle irrigation on yield of Concord grapes - 1972-1977

	kg per vine					
	1972	1973	1974	1975	1976	1977
<u>Geneva Double Curtain</u>						
Irrigated	13,6	17,9	18,8	11,7	19,3	9,2
Not irrigated	13,4	16,0	12,9	9,9	14,1	8,2
% Increase	1,4	16,2	46,3	19,3	34,0	12,2
<u>6-Arm Kniffin</u>						
Irrigated	10,4	12,5	14,4	9,4	11,0	5,7
Not irrigated	10,5	12,1	12,6	8,4	9,9	5,7
% Increase	0	3,3	11,4	11,4	11,1	0

applying it right in the rooting area fertilizer is immediately available and can be applied throughout the growing season. We have a number of experiments in which fertilizer is applied in this way.

I believe that in the future high density orchard trickle irrigation will be widely used to supply both moisture and nutrients. This will reduce the risk in fruit growing.

Systems of soil management have changed over the years. Herbicides play an important role in modern orchards. In Great Britain and Europe there is a trend to complete control of vegetation on the orchard floor by herbicides. This eliminates competition for moisture and nutrients between grass or weeds and trees. More extensive rooting and increased yields have resulted.

This system has not become popular in North America because of more severe winters and unreliable snow cover. More frequently the soil in the tree row is kept bare with herbicides and grass is allowed to grow between the

rows. Mulch gives added protection and conserves soil moisture. Currently we are studying the effects of various grasses on nematode populations in orchards. The effects of herbicides in lowering soil pH needs further study. Environmental concerns may limit the use of herbicides in the future.

Peaches are usually grown in Ontario with cultivation until early July when a cover crop is seeded. Experimentally the sod mulch system is working well for peaches and growers are beginning to use this system of soil management.

Changes in soil management and fertilizer practices will occur as changes in cultivars, tree population, training systems and other cultural practices take place. In the future, fruit quality and tree longevity will be even more important in deciding the suitability of any practice in maintaining efficient fruit production. Increased tree densities can lead to higher yields per hectare and more efficient fruit production. High densities can also put more demand on the soil and the grower to supply moisture and nutrient needs. Growers will need to be aware of potential problems and avoid them before they occur by proper soil management practices.

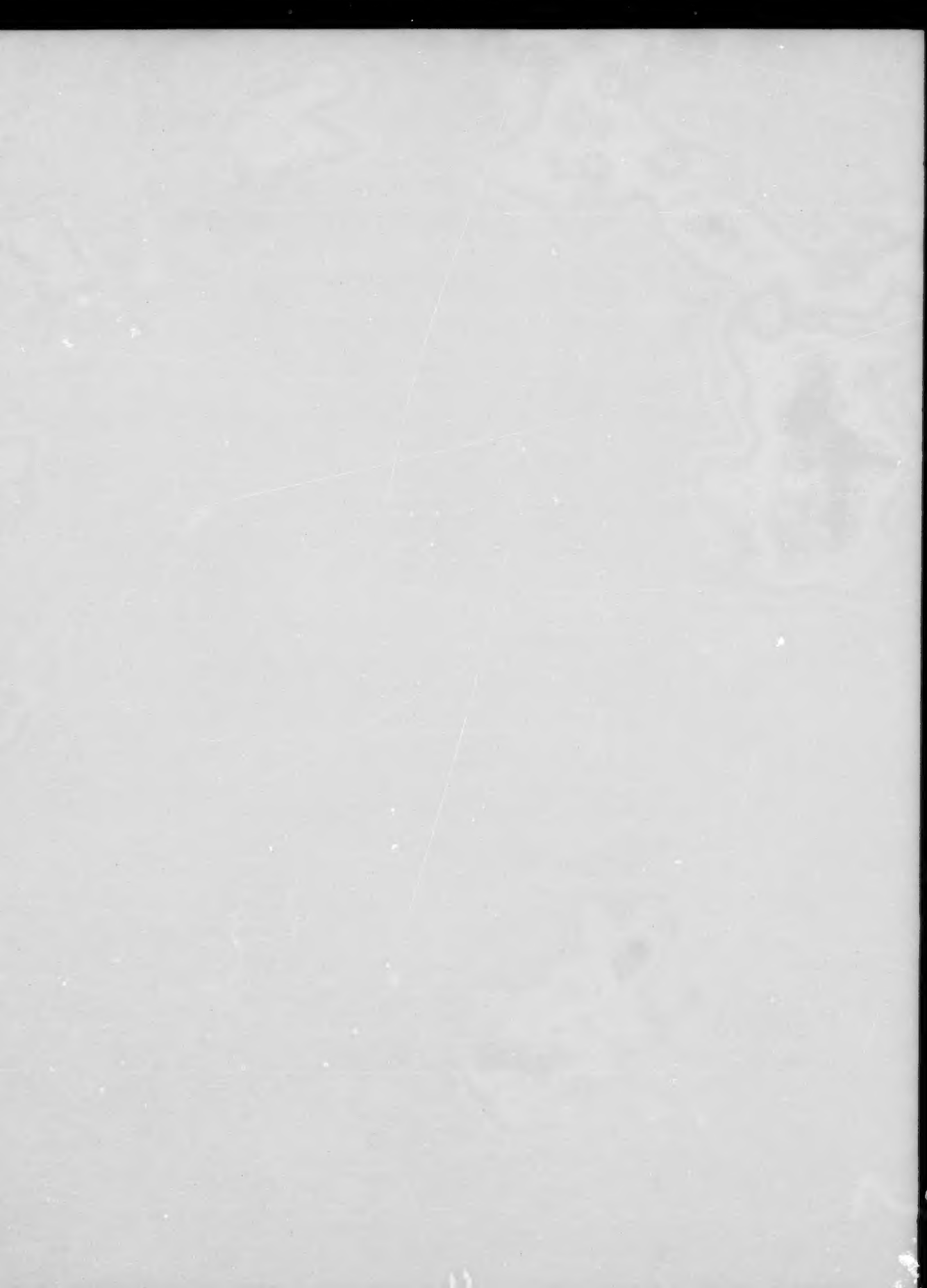
Bibliography

- 1 Beattie, J.M. 1954. The effect of differential nitrogen fertilization on some of the physical and chemical factors affecting the quality of Baldwin apples. *Proc. Amer. Soc. of Hort. Sci.* 63: 1-9.
- 2 Cline, R.A. & A. Hutchinson. 1969. Ca-sprays to control Bitterpit of Northern Spy apples. *Ann. Report, HRIO*, pp. 15-22.
- 3 Cline, R.A. & G. Tehrani. 1973. Effect of boron and calcium sprays and of mulch on cracking of Italian prune. *Can. J. Plant Sci.* 53: 827-831.
- 4 Martin, D., T.L. Lewis and J. Cerny. 1960. Bitterpit in the apple variety Cleopatra in Tasmania in relation to calcium and magnesium. *Aust. J. of Agric. Res.* 11: 742-749.
- 5 Parker, K.G., N.S. Leupschen and E.G. Fisher. 1961. Tree nutrition and fireblight development. *Phytopathology* 51: 577-580.
- 6 Weeks, W.D., F.W. Southwick, M. Drake and J.F. Steckel. 1952. The effect of rates and sources of nitrogen, phosphorus and potassium on the mineral composition of McIntosh foliage and fruit color. *Amer. Soc. of Hort. Sci.* 60: 11-21.
- 7 Willison, R.S. 1933. Peach canker investigations. Some notes on incidence, contributing factors and control measures. *Sci. Agric.* 14: 32-47.

Aménagement du sol dans les vergers modernes

Robert A. Cline

**Horticultural Research
Institute of Ontario
Vineland Station
Canada**



Résumé

L'aménagement du sol est, et continuera d'être, extrêmement important dans les vergers modernes. L'azote, par exemple, peut influencer sur la formation des boutons à fleurs, la nouaison, la couleur du fruit, la longévité du fruit en entreposage, la croissance de l'arbre et l'importance des dégâts du gel. La fertilisation doit être faite de façon convenable; la date d'application, la dose et la nature de l'engrais sont des facteurs à prendre en considération.

Le potassium, le magnésium et les oligo-éléments sont aussi très importants dans la production fruitière et tout particulièrement dans le cas des vergers modernes à forte densité.

L'analyse des feuilles est la meilleure façon d'évaluer l'efficacité d'un programme de fumure et de prévenir les problèmes alimentaires. Un nombre toujours plus grand de producteurs ontariens ont recours à cette technique. L'analyse des fruits pourrait servir de plus en plus pour évaluer la longévité des fruits en entreposage.

L'irrigation par aspersion, un nouveau concept qui vise à prévenir l'insuffisance d'humidité dans le sol, sera utilisée de plus en plus dans l'avenir, non seulement pour humidifier le sol mais aussi pour mieux contrôler l'alimentation de l'arbre et assurer une distribution plus efficace des engrais.

Les techniques d'aménagement du sol ont évolué au cours des années. Les herbicides jouent un rôle plus important, qui devrait encore s'accroître pour permettre d'obtenir des récoltes plus abondantes. Des préoccupations écologiques pourraient cependant en restreindre l'usage. Les effets des herbicides sur le pH devront faire l'objet de nouvelles études.

Dans les vergers modernes, l'aménagement adéquat du sol est très important tant pour la production que pour la qualité des fruits. Ainsi, une teneur incorrecte en azote peut provoquer l'apparition de gros fruits aux couleurs pâles qui supportent mal l'entreposage, ou encore de fruits très colorés mais trop petits pour être offerts sur le marché (1,6). La source d'azote, la dose et la date d'application sont des facteurs que l'on ne peut laisser au hasard.

Lors d'essais menés dans le comté de Norfolk, en Ontario, sur des sols composés de terreau sablonneux grossier, on a comparé le comportement du nitrate d'ammonium et du chlorure de potasse à celui du nitrate de potassium chez la McIntosh et à celui du nitrate de calcium chez la Spy. Pour les fins de l'expérience, il fallait administrer deux doses différentes d'azote en trois occasions, soit les 1^{er}, 15 et 30 avril (tableau 1). Dès le début de l'expérience, on a pu se rendre compte de l'importance du dosage d'azote et de la date de son application quant à la catégorie de pommes McIntosh produites. La forte dose, peu importe la date d'application, a produit plus de pommes de catégorie C (tableau 2). La dernière application a donné des résultats similaires.

Tableau 1 Quantité d'engrais appliquée les 1^{er}, 15 et 30 avril, entre 1971 et 1977.

	McIntosh ¹				Spy ²			
	Forte dose		Faible dose		Forte dose		Faible dose	
	N	K ₂ O	N	K ₂ O	N	K ₂ O	N	K ₂ O
Kg par arbre par année								
1971	,62	2,0	,31	1,0	,62	2,0	,31	1,0
1972-3	,78	2,4	,39	1,2	,80	1,4	,40	1,4
1974-5	,78	2,4	,39	1,2	,88	1,4	,44	1,4
1976-7	,98	2,8	,46	1,4	,88	1,1	,44	1,1

1/ Sources de N et de K - $\text{NH}_4\text{NO}_3 + \text{KCl}$ ou KNO_3 .

2/ Sources de N - NH_4NO_3 ou $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$.

Tableau 2 Les effets tenant à la dose de nitrate d'ammonium et à sa date d'application sur le % de pommes McIntosh de catégorie C après entreposage C.A. jusqu'au 10 avril 1973

	<u>Date d'application</u>		
	<u>1^{er} avril</u>	<u>15 avril</u>	<u>30 avril</u>
Forte dose	16,8	15,8	33,0
Faible dose	5,3	11,3	17,6

La différence selon les sources d'azote n'était pas des plus évidentes. Par exemple, en 1975, le % des pommes pourries après entreposage était légèrement plus élevé dans le cas des fruits traités à forte dose de nitrate de potassium que dans celui des fruits traités à forte dose de nitrate d'ammonium (tableau 3); par contre, à faible apport, on n'a pas constaté de différence. Les fruits des arbres traités à forte dose, ou encore des arbres traités le 30 avril, ne se sont pas aussi bien conservés que ceux des arbres traités à faible dose ou au début d'avril.

Tableau 3 Les effets tenant aux doses de N et de K, à la date d'application et à la source d'azote sur le % de pourriture des McIntosh entreposées jusqu'au 20 mai 1975

	<u>NH₄NO₃ + KCl</u>		<u>KNO₃</u>	
	Forte	Faible	Forte	Faible
01 avril	2,0	1,1	5,1	1,0
15 avril	1,6	2,3	2,7	2,3
30 avril	7,3	3,7	8,6	6,0

L'expérience a montré des différences similaires chez la Spy. Le nitrate de calcium ne s'est pas révélé plus avantageux que le nitrate d'ammonium. La date d'application et la dose constituaient des facteurs beaucoup plus importants que la source d'azote dans le développement du bitter pit.

Face aux coûts énergétiques croissants, l'énergie nécessaire à la production d'engrais, en particulier d'engrais azotés, devient un élément de plus en plus important. La plupart des nouvelles manufactures nord-américaines d'engrais azoté produisent de l'urée parce que c'est la meilleure source d'azote du point de vue énergétique. Au cours d'expériences effectuées à Vineland, il a fallu utiliser plus d'azote sous forme d'urée pour donner aux feuilles le même niveau d'azote que celui procuré par le nitrate d'ammonium.

Dans les vergers, il peut se produire une certaine perte d'azote lorsque l'urée est appliquée sur le gazon. Les études se poursuivent.

L'azote peut aussi s'appliquer par vaporisations foliaires. Nous sommes à examiner les effets d'applications à doses réduites d'azote dans le sol, que viennent suppléer des vaporisations opportunes d'urée. Dans le cas des McIntosh, cette pratique, sans diminuer le rendement, a donné des fruits de couleur supérieure qui pourrissaient moins lors de l'entreposage. La vaporisation d'urée en juillet a fait grimper le nombre de grappes de fleurs par mètre. L'application sur les fleurs a fait augmenter la nouaison et le rendement (tableau 4). Toutefois, l'emploi exclusif d'applications foliaires d'urée, come unique source de N, a donné une nouaison et un rendement inférieurs.

Tableau 4 Les effets des vaporisations d'urée sur les fleurs, la nouaison et le rendement en 1977

NH ₄ NO ₃ appliqué sur le sol						
Kg/arbre	Vapor. d'urée		Grappes au mètre	Fruits au mètre	Nouaison (%)	Kg/arbre
	Nombre	Date				
,68	0		19,2	16,7	15,5	233
,34	2	juil.	20,8	15,6	15,0	240
,34	2	floraison	18,2	15,9	17,5	261
0	4	floraison et juil.	19,5	14,6	14,1	171

Les pratiques d'aménagement du sol constituent un élément primordial dans la longévité des vergers. Par exemple, le binage tardif dans les vergers de pêcheurs peut entraîner de sérieux problèmes causés par le chancre et le gel (7). Le chancre des pêcheurs est d'ailleurs le problème le plus sérieux auquel les producteurs ontariens doivent faire face.

Au cours d'une enquête dans les vergers de pêcheurs de la péninsule du Niagara, nous avons découvert que l'azote, s'il est en quantité insuffisante ou excessive, peut occasionner de sérieux dégâts par le chancre et le gel (tableau 5). Une chute tardive des feuilles est l'indice d'un haut niveau d'azote qui pourrait favoriser les méfaits du chancre. Des niveaux élevés de potassium ont permis d'éliminer les effets d'un niveau élevé d'azote. Le feu bactérien est une autre maladie qui peut être causée par une teneur trop forte en azote (5). Nous avons découvert que l'application de potassium peut réduire en partie les effets d'un niveau élevé d'azote en ce qui a trait au feu bactérien chez les poiriers et les pommiers. L'équilibre de l'azote et du potassium est très important. Un niveau relativement élevé d'azote causera moins de problèmes sérieux s'il y a équilibre entre l'azote et le potassium.

Tableau 5 Rapport entre l'azote des feuilles sur le taux de chancre et la chute des feuilles

Quantité de N en juillet	Azote des feuilles		Taux de chancre <u>1/</u>	Chute des feuilles <u>2/</u>
	Mi-juillet % de poids à sec	Sept.		
Insuffisante	3,11	2,69	5,5	0
A peine suffi- sante	3,50	2,76	3,0	0
Suffisante	3,67	3,07	2,9	1,5
Plus que suffisante	3,84	3,21	4,8	1,7
Excessive	4,22	3,26	4,1	2,3

1/ Le chancre est noté de 1 (inexistant) à 10 (présence importante).

2/ La chute des feuilles est notée de 1 (totale) à 10 (inexistante).

A mesure que s'intensifie la production de fruits, les problèmes reliés aux éléments secondaires et aux oligo-éléments se font plus courants. La carence en zinc permet au gel de faire des dégâts, raccourcissant du même coup la vie des arbres fruitiers. En outre, on constate de plus en plus souvent un manque ou un excès de manganèse. Le manque est souvent le fait d'un pH trop élevé tandis que l'excès est celui d'un pH trop bas; un ajustement du pH peut remédier à ce problème. Nos essais ont montré que la carence en manganèse chez le pêcher peut être corrigée par des vaporisations de chélate de manganèse.

La carence en bore est aussi souvent reliée au pH et se produit dans des sols alcalins ou lorsqu'il y a insuffisance en eau, les années de faible pluviosité. Ici encore, l'application foliaire constitue le meilleur moyen de corriger cette situation.

Nous avons découvert qu'il existe en Ontario une carence en magnésium de

plus en plus grande. Comme dans les autres cas, une application foliaire se révèle le moyen le plus indiqué pour remédier à ce manque. Des applications de chaux dolomitique, lorsque le sol est acide, et de sulpomag, lorsque le niveau de potassium est bas, ont aussi contribué à régler ce problème. La réaction a toutefois été lente: il a fallu trois ans avant que n'augmente le Mg des feuilles. L'équilibre entre le potassium et le magnésium est très important. Il arrive fréquemment qu'une carence en magnésium soit le résultat d'applications répétées de fortes doses d'engrais potassiques. Le manque en magnésium se traduit par une chute prématurée des fruits.

Le calcium est l'élément nutritif qui a le plus retenu l'attention au cours des années 60 et 70. Auparavant, il avait été négligé dans la production fruitière. On peut attribuer à une carence en calcium, au moment où le fruit grossit et mûrit, certains désordres comme le bitter pit de la pomme (2,4), la gommose chez le prunier (3) et la nécrose des tiges chez certaines variétés de vigne. Nous avons réussi à restreindre l'ampleur de ces maladies par des vaporisations opportunes de calcium (3). A l'heure actuelle, nous étudions la possibilité de mêler le calcium aux pesticides pour diminuer le nombre de vaporisations. Le chélate de calcium est en vente depuis peu et représente une bonne source de calcium.

Tout ce que nous avons dit jusqu'à maintenant fait ressortir l'importance de la nutrition des arbres. L'analyse des feuilles est la meilleure façon d'évaluer l'efficacité d'un programme de fumure. En Ontario, un nombre croissant de producteurs ont fait appel à cette méthode en 1979. Etant donné le prix toujours plus élevé des engrais et la recherche constante d'un fruit de qualité, le producteur doit pouvoir compter sur un guide qui le renseigne sur les besoins en engrais: ce guide lui est fourni par l'analyse des feuilles. Dans l'avenir, l'analyse des fruits pourrait devenir de plus en plus populaire pour déterminer la longévité des fruits en entreposage. Cette méthode est utilisée en Angleterre où elle détermine le bénéfice des producteurs de certaines variétés.

La culture nord-américaine des arbres fruitiers et de la vigne ne fait pas largement appel à l'irrigation. L'irrigation par aspersion a pour but de prévenir, plutôt que de corriger, les problèmes d'humidité. Chaque jour, on arrose une partie du système racinaire pour compenser la perte due à l'évapotranspiration. Par rapport au système traditionnel d'irrigation, cet arrosage parcellaire permet de réaliser des économies d'eau.

Au cours d'expériences faites à Vineland, les vignes arrosées selon ce principe ont produit 40% plus de raisins (tableau 6). Les réactions des plants dépendaient de la pluviosité, du cultivar et du système de conduite des arbres. Le système de conduite qui offre le meilleur potentiel de rendement a donné la plus forte augmentation en termes de rendement.

De même, de 1972 à 1977, on n'a noté aucune baisse du contenu en sucre des fruits produits par les plants arrosés selon le système parcellaire; en fait, on a même constaté une augmentation de ce contenu en 1973.

Dans le cas des arbres fruitiers et de la vigne, pour maintenir le rendement, il est important de commencer à irriguer assez tôt, sans attendre qu'apparaissent les signes d'une insuffisance d'humidité. L'irrigation en fin de saison (mi-septembre) n'a pas fait augmenter le pourcentage de chancre ou de dégâts du gel.

L'irrigation par aspersion représente aussi une façon efficace d'appliquer les engrais. Lorsqu'un engrais est appliqué à sec, il peut parfois s'écouler des jours avant que la pluie ne vienne le faire pénétrer jusqu'aux racines des arbres; cela peut avoir pour conséquences une croissance retardée et des fruits de piètre qualité. En distribuant les produits fertilisants solubles dans l'eau d'irrigation, l'engrais se rend immédiatement aux racines. Cette méthode permet d'appliquer de l'engrais tout au long de la période de croissance. Nous avons un certain nombre de planches expérimentales où l'engrais est appliqué de cette façon.

Selon moi, dans les futurs vergers à forte densité, on fera grand usage de

Tableau 6 Les effets du système de conduite des arbres et de l'irrigation par aspersion sur la production de raisins Concord de 1972 à 1977

	kg par vigne					
	1972	1973	1974	1975	1976	1977
<u>Geneva Double Curtain</u>						
Irrigué	13,6	17,9	18,8	11,7	19,3	9,2
Non irrigué	13,4	16,0	12,9	9,9	14,1	8,2
% d'augmentation	1,4	16,2	46,3	19,3	34,0	12,2
<u>6-Arm Kniffin</u>						
Irrigué	10,4	12,5	14,4	9,4	11,0	5,7
Non irrigué	10,5	12,1	12,6	8,4	9,9	5,7
% d'augmentation	0	3,3	11,4	11,4	11,1	0

l'irrigation par aspersion pour distribuer simultanément l'eau et l'engrais. Cela aura pour effet de réduire les aléas de la production fruitière.

Les systèmes d'aménagement du sol ont évolué au cours des années. Les herbicides jouent un rôle important dans les vergers d'aujourd'hui. En Grande-Bretagne et en Europe, on utilise les herbicides pour exclure des vergers toute végétation adventice, éliminant du même coup toute possibilité de concurrence alimentaire entre les arbres et d'éventuelles mauvaises herbes. Une telle pratique a produit des systèmes racinaires très développés et des récoltes plus abondantes.

Cette façon de faire est peu répandue en Amérique du Nord à cause des

hivers plus rigoureux et des variations, d'année en année, du couvert neigeux. Très souvent les herbicides sont employés pour garder nus les rangs d'arbres tandis qu'on laisse pousser l'herbe entre les rangs. L'utilisation de paillis assure une protection accrue et conserve l'humidité du sol. Actuellement, nous étudions les effets des divers herbicides sur les populations de nématodes dans les vergers. Les effets réducteurs des herbicides sur le pH devront faire l'objet d'études additionnelles. Des préoccupations écologiques pourraient, dans l'avenir, en restreindre l'utilisation.

En Ontario, dans les vergers de pêcheurs, on bine le sol jusqu'en juillet puis on sème une plante de couverture. L'utilisation expérimentale d'un paillis de gazon pour la culture des pêcheurs s'est révélée jusqu'ici profitable et les producteurs commencent à adopter cette technique d'entretien du sol.

L'évolution de l'aménagement du sol sera fonction de celle des cultivars, des peuplements, des systèmes de conduite des arbres et des diverses pratiques horticoles. A l'avenir, la qualité du fruit et la longévité de l'arbre seront des facteurs encore plus décisifs lorsqu'il s'agira de choisir des méthodes visant l'amélioration de la production. Une densité d'arbres accrue peut donner un rendement supérieur par hectare de même qu'une production plus efficace. En termes d'eau et d'éléments nutritifs, ce type de culture exigera beaucoup du sol et des producteurs. Pour ces derniers, il sera important d'être au fait des problèmes éventuels et de les prévenir par des pratiques appropriées d'aménagement du sol.

Bibliographie

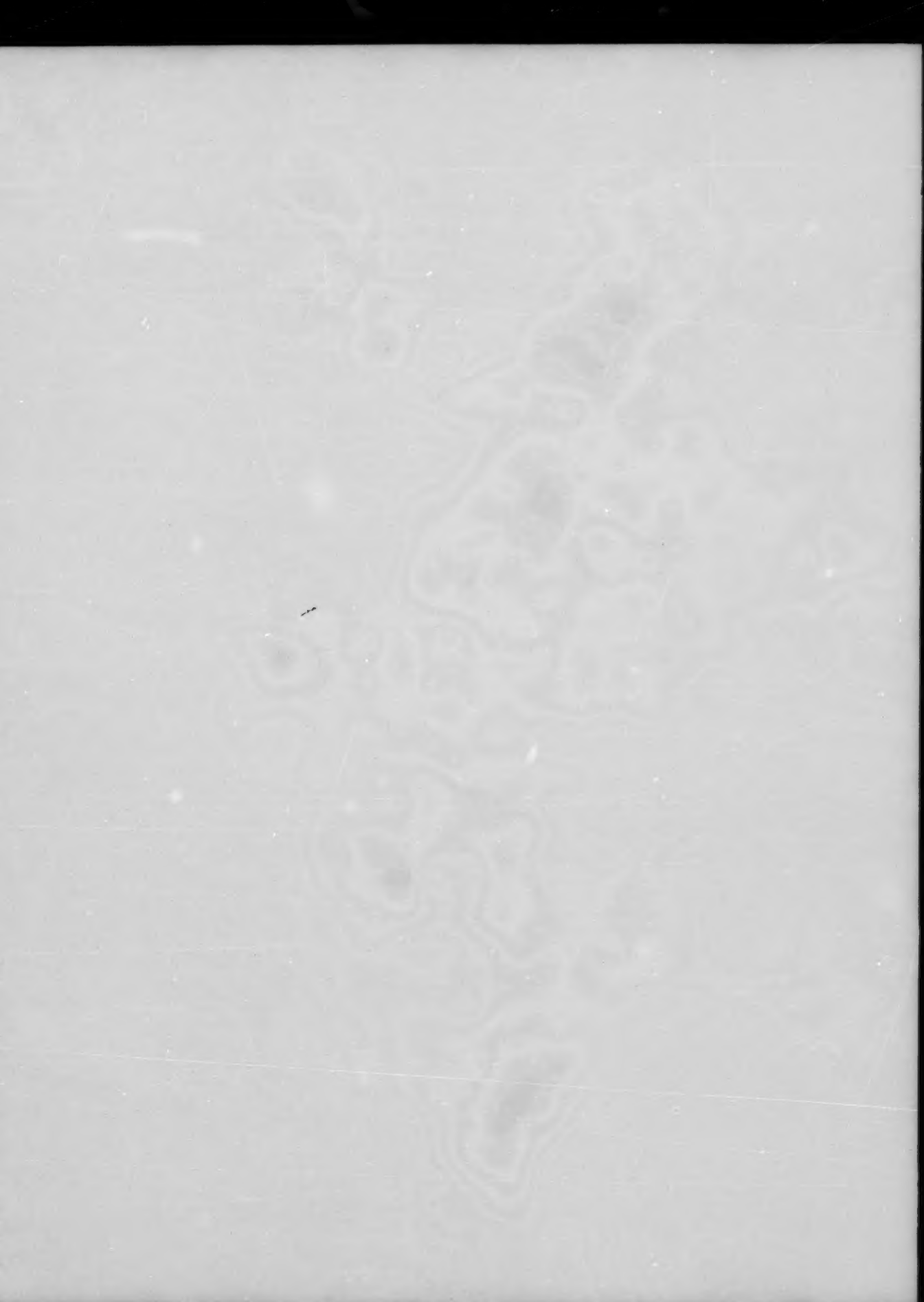
1. Beattie, J.M. 1954. The effect of differential nitrogen fertilization on some of the physical and chemical factors affecting the quality of Baldwin apples. *Proc. Amer. Soc. of Hort. Sci.* 63: 1-9.
2. Cline, R.A. et A. Hutchinson. 1969. Ca-sprays to control Bitterpit of Northern Spy apples. *Ann. Report, HRIO*, p. 15-22.
3. Cline, R.A. et G. Tehrani. 1973. Effect of boron and calcium sprays and of mulch on cracking of Italian prune. *Can. J. Plant Sci.* 53: 827-831.
4. Martin, D., T.L. Lewis et J. Cerny. 1960. Bitterpit in the apple variety Cleopatra in Tasmania in relation to calcium and magnesium. *Aust. J. of Agric. Res.* 11: 742-749.
5. Parker, K.G., N.S. Leupschen et E.G. Fisher. 1961. Tree nutrition and fireblight development. *Phytopathology* 51: 577-580.
6. Weeks, W.D., F.W. Southwick, M. Drake et J.F. Steckel. 1952. The effect of rates and sources of nitrogen, phosphorus and potassium on the mineral composition of McIntosh foliage and fruit color. *Amer. Soc. of Hort. Sci.* 60: 11-21.
7. Willison, R.S. 1933. Peach canker investigations. Some notes on incidence, contributing factors and control measures. *Sci. Agric.* 14: 32-47.



Conduite des vergers à forte densité au Québec

Raymond L. Granger

**Station de recherches
Agriculture Canada
Saint-Jean, Québec
Canada**



Résumé

L'arboriculture fruitière au Québec subit présentement des changements rapides et radicaux. Les pommeraies constituées d'arbres de taille conventionnelle se transforment en plantation à fortes densités ne comportant que des arbres nains ou semi-nains. Les rangs simples y prédominent. Les nouvelles formes les plus en vogue sont la "cloche étroite" et la "palmette oblique". Chez le pommier, les porte-greffes les plus utilisés sont la 'Mailing 9', le 'Malling 26', l''Ottawa 3' et 'Malling 7'. Les résultats des recherches initiées à la Station de Recherches de Saint-Jean tendent à démontrer que l''Ottawa 3' est supérieur. Dans la conjoncture économique actuelle, huit hectares de pommiers nains plantés à forte densité pourraient procurer à l'arboriculteur fruitier du Québec un revenu convenable.

Pour le poirier, on y utilise encore le franc de 'Bartlett' comme porte-greffe. Par ailleurs, les francs du prunier indigène, le 'Myrobolan' et le 'Brompton' sont les porte-greffes du prunier les plus employés. Les essais effectués avec d'autres porte-greffes de poirier et de prunier sont très limités. Les cultivars de griottiers et de cerisiers à fruits doux sont surtout greffés sur les francs de 'Mazzard', de 'Mahaleb' et du clone 'Mazzard F12'.

Une série de questions et réponses concernant les particularités de la pomiculture au Québec apparaît en annexe.

1 Contribution no J. 850 de la Station de Recherches, Direction de la Recherche, Agriculture Canada, Saint-Jean-sur-Richelieu, Québec.

Au cours des dernières décennies, les arboriculteurs fruitiers de la plupart des pays producteurs de fruits à pépins et à noyaux ont tendance à cultiver des arbres fruitiers adaptés à leur région, petits, précoces et aptes à donner de fortes récoltes de fruits de qualité. On s'est rendu compte que la rentabilité d'une exploitation dépend d'une densité optimale d'arbres fruitiers sur une superficie donnée associée à une bonne conduite du verger.

Les arboriculteurs fruitiers du Québec sont, eux aussi, de plus en plus conscients que la culture des arbres fruitiers nains et semi-nains soumis à une régie adéquate est leur seule planche de salut. Les vergers de pommiers, en particulier ceux comportant de 90 à 180 arbres à l'hectare, font place à de nouvelles plantations renfermant de 600 à 3 500 arbres à l'hectare. Quoique moins marquées, les mêmes tendances se manifestent quant aux poiriers, pruniers et cerisiers.

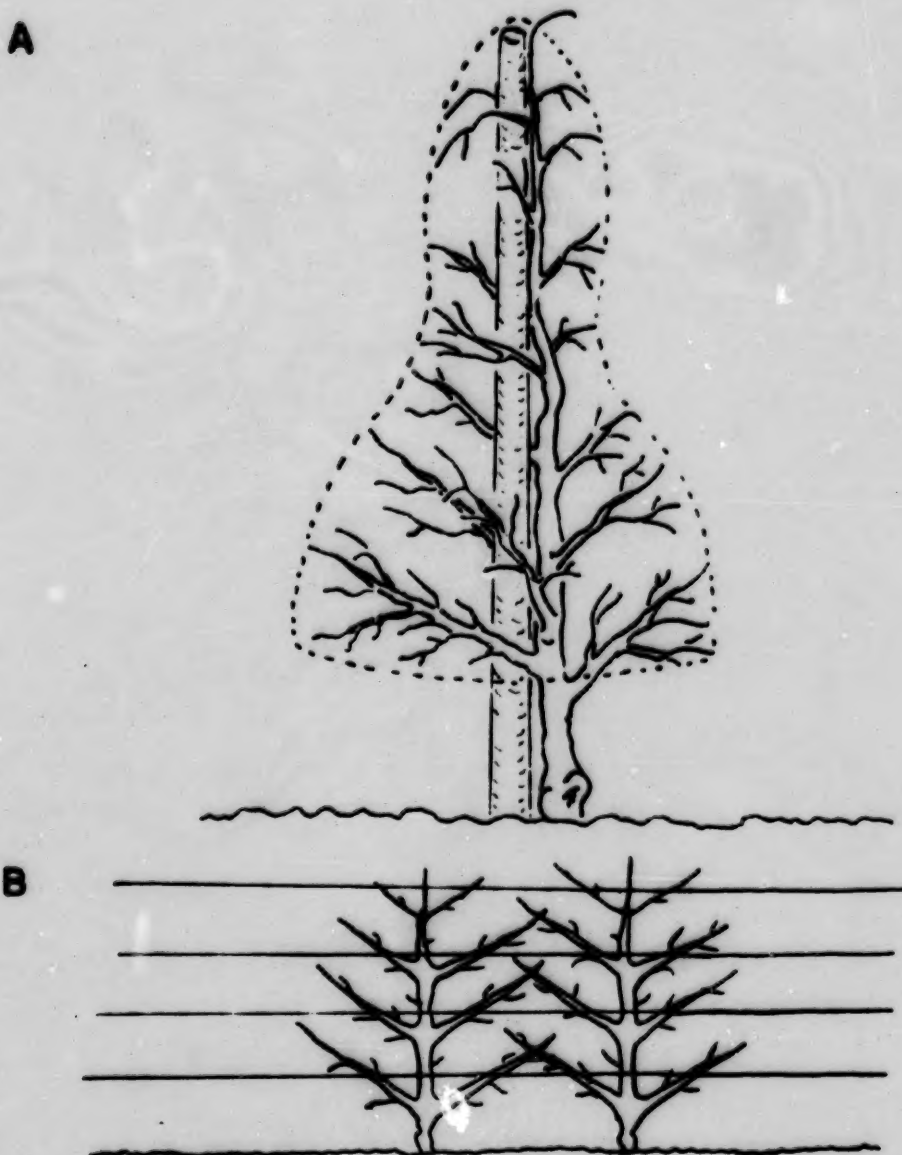
Les formes ou charpentes

Présentement, les formes les plus populaires au Québec sont celles de la "cloche étroite" et de la "palmette oblique" (Fig. 1 et Pl. I, figs h et j). Les arbres soumis à ces formes sont surtout palissés ou tuteurés et presque toujours plantés en rangs simples. On y rencontre aussi des arbres de "plein vent" dépourvus de support. (Pl. I, fig. e et k)

Des essais locaux tendent à démontrer que, au point de vue rendement et rentabilité chez le pommier, des quatre formes suivantes, arbre de "plein vent", "palmette de Van Roehoudt", "palmette oblique" et "cloche étroite", les deux plus prometteuses sont la "cloche étroite" et la "palmette oblique"* (Pl. I, figs h, i, j et k). La "cloche étroite" s'apparente beaucoup au "slender spindle" décrit dans ce rapport par le docteur S.J. Wertheim. Cette forme s'obtient soit en laissant la tige

* Toutes ces formes sont décrites dans le bulletin J-642 de la Station de recherches de Saint-Jean.

Figure 1 Principales formes de pommier adoptées au Québec:
A cloche étroite ou *slender spindle*
B palmette oblique



centrale intacte après la deuxième feuillaison, soit en la rabattant à chaque année, selon que l'on utilise la forme de "l'axe vertical" français ou celle du "slender spindle" hollandais. Dans le premier cas, il est nécessaire d'assujettir la flèche à un tuteur de bonne dimension ou à un fil de soutien élevé sans quoi la récolte aura tôt fait de la faire ployer jusqu'à ce qu'elle se brise (Pl. II, fig. g). A la sous-station expérimentale de Frelighsburg, la "cloche étroite" a favorisé une mise à fruits plus abondante et plus précoce que les autres formes (Tableau I).

TABLEAU 1 Rendements moyens (kg/ha) en fonction du système de formation et de plantation de pommiers nains et semi-nains à leur 4^e feuillaison, Frelighsburg 1979

Système de formation	Densités** en pommiers/ha			Moyenne
	2960	1480	740	
Cloche étroite	9220 a	5344 a		7282 a
Palmette oblique	7320 b	3870 c		5595 b
Plein vent		5340 a	3521 a	4431 c
Palmette de Van Roechoudt		3943 b	1806 b	2875 d

Suite à nos essais en cours, il semble indiqué de devoir utiliser un tuteur ou un point d'attache pour soutenir les arbres nains et parfois même les semi-nains qui, dans nos conditions climatiques, ont une forte tendance à pencher vers le sol lorsque celui-ci s'est ramolli lors de la fonte de la neige au printemps (Pl. II, fig. f). Le même phénomène peut aussi se produire au cours de l'été, à cause du vent, de la pluie ou d'un poids de récolte mal réparti autour de l'axe central. Voilà pourquoi,

** Dans ce texte la densité sera qualifiée de forte (2 960 pommiers/ha), d'intermédiaire (1 480 pommiers/ha) ou de faible (740 pommiers/ha).

a Différence non significative au seuil de 5 % entre les données suivies d'une même lettre.

tel que démontré au tableau 1, les pommiers de "plein vent" accusent une diminution de rendement lorsqu'on les compare aux pommiers en "cloche étroite" et à ceux formés en "palmette oblique". Comme les pommiers formés selon la "palmette de Van Roechoudt" ont dû subir de forts émondages lors de leur 2^e et 3^e feuillaison, on peut plus difficilement les comparer aux autres pommiers au point de vue rendement.

Puisqu'au Québec le poids de la neige et du verglas tend à casser les branches inférieures des arbres nains ou semi-nains, il importe très souvent d'attacher les latérales de ces arbres fruitiers à un tuteur central ou à une palissade (Pl. II, fig. e).

En ce qui concerne les poiriers, pruniers et cerisiers, la forme la plus répandue est celle de l'arbre de "plein vent" ou de l'arbre en "cloche" habituellement sans tuteur. Les formes palissées utilisées en Colombie-Britannique chez le poirier 'Anjou' n'existent pas encore au Québec. De même, la formation de latérales fortes se prêtant à la cueillette mécanisée du griottier (cerisier à fruits amers) ne se pratique pas encore au Québec. Bien que certains arboriculteurs fruitiers aient formé leur pruniers en "gobelet", les formes les plus répandues et les plus pratiques chez le prunier au Québec demeurent celles de l'arbre de "plein vent" et de l'arbre en "cloche".

Les porte-greffes

Dans la conjoncture actuelle il devient impératif d'abaisser les coûts de production des fruits. En ce qui a trait à ceux des pommes, le docteur Ronald Tukey (1971) mentionne que la cueillette, la taille et la répression des ravageurs comptent pour près de 40 % du total de ces coûts. Suite à d'autres études économiques effectuées dans l'état de New York (Snyder, 1968), il fut démontré que l'utilisation de pommiers nains et semi-nains contribue à diminuer considérablement les coûts de production. La même observation faite au Québec (Garon et Ouellet, 1978) nous incita à n'y recommander que les porte-greffes qui confèrent à l'arbre une

taille d'arbre nain et de semi-nain et qui sont adaptés à nos conditions climatiques. Tels sont le 'Malling 26', l' 'Ottawa 3', le 'Malling 7' et le 'Malling 9', ce dernier, toutefois, ne devant être employé qu'avec réserve.

Le 'Malling 9'

Le 'Malling 9' est un porte-greffe nanisant mis à l'essai à la Station de Recherches d'Ottawa de 1938 à 1970. Il s'y est montré sensible au froid (Davis *et al.*, 1948). En Russie, on le considère également comme très peu rustique (Margolin, 1951 et Smirnov, 1960). Au Québec, le 'Malling 9', cultivé en terrain engazonné près du Collège Macdonald, a résisté à nos hivers depuis au moins 22 ans (Taper, 1979). Cependant, après leur première feuillaison, des pommiers mal aoûtés des cultivars 'McIntosh' et 'Spartan' sur 'Malling 9', qui poussaient en terrain désherbé à la sous-station de Frelighsburg, ont souffert considérablement du froid au cours de l'hiver 1975-1976 (Rousselle *et al.*, 1976).

Dans nos parcelles d'expérimentation de Frelighsburg, le 'Malling 9' en bas âge fut le moins productif des porte-greffes de type nain (Tableau 2).

Ce porte-greffe semble se bien comporter avec les cultivars les mieux adaptés aux plantations denses comme 'l'Empire', le 'Golden Delicious' et le 'Red Haralson' (Pl. I, e et f).

A Vineland en Ontario, des pommiers 'McIntosh', 'Cortland', 'Red Delicious', tous sur 'Malling 9', ont rapporté en moyenne deux boisseaux par pommier de la 5^e à la 10^e feuillaison. A ce même endroit, des pommiers 'McIntosh', 'Spy' et 'Red Delicious' sur 'Malling 9', considérés comme relativement âgés, ont donné, entre 20 et 25 ans, une moyenne de 54 kg (3 boisseaux) de pommes par arbre (Hutchinson, 1964). Certains de ces arbres ont fourni jusqu'à 72 kg (4 boisseaux). A Ottawa, le rendement annuel des pommiers 'McIntosh' sur 'Malling 9' a été de 16 à 27 kg

par arbre lorsque ceux-ci ont eu de 12 à 25 ans. Le 'Malling 9' exige un sol passablement lourd et bien pourvu d'eau mais bien aéré et bien égoutté (Granger *et al.*, 1974).

TABLEAU 2 Rendements moyens (kg/ha) des cultivars 'McIntosh' et 'Spartan' en fonction des porte-greffes et des densités de plantation de pommiers nains et semi-nains à leur 4^e feuillaison, Frelighsburg 1979

Porte-greffe	Densité en pommiers/ha			Moyenne
	2960	1480	740	
Ott 3	14229 a	8756 a	4150 a	8972 a
M 26	7617 b	3797 c	3576 b	4696 b
M 9	7403 c	4312 b	1568 d	4605 c
M 7	6810 d	3697 d	2104 c	4077 d

a Différence non significative au seuil de 5 % entre les données suivies d'une même lettre.

D'après les résultats obtenus dans nos parcelles de Frelighsburg avec les cultivars 'Spartan' et 'McIntosh' sur 'Malling 9', il semble que la densité optimale pour ce porte-greffe se situe aux environs de 2960 arbres à l'hectare lorsque les arbres sont formés en "cloche étroite". Dans le cas des autres formes sur 'Malling 9', c'est-à-dire chez les arbres de "plein vent", de la "palmette oblique" et de la "palmette de Van Roechoudt", c'est également à forte densité qu'ils atteignent leur rendement optimal par arbre. Ces densités sont respectivement de 2960 et de 1480 arbres à l'hectare pour les formes "cloche étroite" et "palmette oblique" tandis qu'elles sont de 1480 et de 740 arbres à l'hectare pour les formes "palmettes de Van Roechoudt" et d'arbres de "plein vent".

Depuis quelques années, certains de nos pomiculteurs trouvent que les nouveaux 'Malling 9' exempts de viroses sont trop vigoureux et pas aussi productifs que les anciens qui étaient porteurs de maladies virales.

On note également que, dans nos conditions climatiques très humides, le 'Malling 9' a tendance à former des galles radiculaires aériennes appelées en anglais burr knots; ces galles entravent la bonne circulation de la sève et rendent l'arbre plus vulnérable au froid et à certaines maladies (Pl. II, fig. d).

Le 'Malling 26'

Créé en 1929 à la Station de Recherches de East Malling en Angleterre par suite du croisement 'Malling 16' x 'Malling 9', le 'Malling 26' fut distribué pendant un certain temps sous le numéro 3426. Ce porte-greffe est actuellement l'un des plus vendus au Canada. Il a fait l'objet d'essais à la Station de Recherches d'Ottawa et continue de le faire aux Stations de Recherches de Saint-Jean au Québec, de Smithfield, Vineland, Harrow, Simcoe et Guelph en Ontario et de Kentville en Nouvelle-Ecosse (Granger *et al.*, 1974).

A Vineland, Ontario, le 'Malling 26' a permis d'obtenir une moyenne de deux boisseaux de la 5^e à la 10^e feuillaison. A Frelighsburg, il a, avec les cultivars 'Spartan' et 'McIntosh', donné en bas âge un rendement supérieur à celui du 'Malling 9' et s'y est classé deuxième (Tableau 2). Il faut admettre que le 'Malling 26' est plus compatibles avec le cultivar 'McIntosh' que ne l'est le 'Malling 9' (Tableau 3).

Lorsque cultivé dans un sol qui lui convient c'est-à-dire en terre franche graveleuse bien égouttée et à fort pouvoir de rétention d'eau, le

'Malling 26' occasionne une pousse végétative plus abondante que celle apportée par le 'Malling 9'. Dans nos parcelles expérimentales, le 'Malling 26' a produit une croissance végétative plus forte que le 'Malling 9', ce qui a nécessité un émondage plus élaboré (Tableau 4).

Parmi les porte-greffes du type nain le 'M-26' est celui qui a produit la plus forte proportion de gros fruits tel que révélé par le poids moyen des pommes (Tableau 5).

TABLEAU 3 Rendements moyens (kg/ha) de pommiers nains et semi-nains à leur 4^e feuillaison, Frelighsburg 1979

Porte-greffe	Cultivar	
	Spartan	McIntosh
Ott 3	8972 a	8691 a
M 9	6564 b	2552 d
M 26	5206 c	4186 c
M 7	3298 d	4855 b

a Différence non significative au seuil de 5 % entre les données suivies d'une même lettre.

TABLEAU 4 Diamètre moyen (cm) du tronc de pommiers nains et semi-nains à leur 4^e feuillaison, Frelighsburg 1979

Porte-greffe	Densité en pommiers/ha			Moyenne
	2960	1480	740	
M 7	4.00 a	4.32 a	4.49 a	4.27 a
M 26	3.85 ab	3.84 b	4.44 a	4.04 ab
Ott 3	3.65 b	3.87 b	3.94 b	3.82 b
M 9	2.83 c	2.99 c	3.01 c	2.94 c

a Différence non significative au seuil de 5 % entre les données suivies d'une même lettre.

Sous notre climat, le 'Malling 26' s'est avéré beaucoup plus rustique que le 'Malling 9' (Rousselle *et al.*, 1976). Introduit il y a dix ans dans notre région, ce porte-greffe n'a pas été encore affecté par le froid. Selon les rapports de la Station de Recherches d'Ottawa, le M-26 serait plus sensible au froid que le '*Malus robusta* 5' mais, au Minnesota, ces deux porte-greffes auraient été aussi rustiques l'un que l'autre (Watkins, 1968; Granger *et al.*, 1974).

TABEAU 5 Poids moyen (g/fruit) des fruits de pommiers nains et semi-nains à leur 4^e feuillaison, Frelighsburg 1979

Porte-greffe	Densité en pommiers/ha			Moyenne
	2960	1480	740	
M 7	154 c	166 a	160 b	161 a
M 26	159 a	160 b	161 a	159 b
M 9	156 b	155 c	140 c	151 c
Ott 3	143 d	149 d	160 b	150 d

a Différence non significative au seuil de 5 % entre les données suivies d'une même lettre.

Au Québec, le 'Malling 26' s'est montré sensible à la brûlure bactérienne (*Erwinia amylovora* Burr. Winsl. et al.), quoique, après greffage, cette maladie affecte rarement le porte-greffe lui-même. La plus importante anomalie observée sur le 'Malling 26' au Québec réside dans sa forte tendance à développer des galles radiculaires aériennes ou burr knots (Pl. II, fig. d). Pour obvier à cette tendance, on peut badigeonner la partie aérienne du 'Malling 26' avec une solution à 1 % d'acide naphthalène acétique (ANA ou NAA). Cette solution peut se mélanger à un peu de peinture blanche de type "latex". Il est important de traiter les galles dès qu'elles apparaissent sans quoi elles formeront de larges plaques qui entraveront la circulation de la sève. Il est aussi tout à fait contre-indiqué d'utiliser autour des troncs des protecteurs mal ajourés car ils contribuent à maintenir la couronne et la base aérienne de l'arbre dans une atmosphère d'humidité constante, ce qui favorise la formation de ces galles. Il importe aussi d'éliminer les hautes herbes près des pommiers car elles maintiennent également un fort pourcentage d'humidité au pied des arbres. S'il y a lieu d'utiliser les protecteurs contre les campagnols des champs, on devra donc employer de préférence ceux qui sont faits en treillis métalliques. Notons enfin que le 'Malling 26' se comporte très mal dans un sol trop léger et trop sec.

En pareil cas, il est à conseiller d'avoir recours à l'irrigation.

L'Ottawa 3'

Créé à la Station de Recherches d'Ottawa, ce nouveau porte-greffe est le résultat du croisement 'Robin' par 'Malling 9' (1956). De 1967 à 1973, il fut mis à l'essai à Ottawa ainsi qu'à Smithfield en Ontario. Multiplié et évalué à la sous-station de Frelighsburg depuis ce temps, il a été distribué à plusieurs pépiniéristes du Canada afin de répondre aux demandes les plus pressantes des pomiculteurs.

Les cultivars 'McIntosh' et 'Quinte' greffés sur 'Ottawa 3' depuis 1967 sont demeurés des pommiers nains, c'est-à-dire légèrement plus petits que sur 'Malling 26' mais un peu plus gros que sur 'Malling 9'. A maturité, un pommier 'McIntosh' sur 'Ottawa 3' peut être maintenu à une hauteur légèrement inférieure à trois mètres; les fruits sont par le fait même très faciles à cueillir (Granger *et al.*, 1974).

L'Ottawa 3' s'est avéré très rustique, se comparant favorablement au *Malus robusta* 5. Dans l'est du pays, la survie des pommiers, lors de conditions climatiques défavorables, a quelquefois été assurée par la rusticité de leurs porte-greffes. Ces conditions peuvent prévaloir encore. Il est donc important d'utiliser autant que possible des porte-greffes rustiques.

L'Ottawa 3' a favorisé de très bonnes récoltes compte tenu de la faible taille qu'il confère au pommier. Ainsi, des arbres de deux ans de 'Quinte' et 'McIntosh' sur 'Ottawa 3', plantés en 1967 à Ottawa, commencèrent à rapporter en 1970 (4^e feuillaison), fournissant une récolte moyenne de 5,45 kg par arbre pour atteindre 18 kg en 1972 et 1973 (6^e et 7^e feuillaison). Les rendements des pommiers greffés sur 'Ottawa 3' se sont alors avérés supérieurs à ceux provenant de pommiers sur 'Malling 26'. De plus, 'Ottawa 3' a produit des pommes 'McIntosh' et 'Quinte' un peu plus hâtivement que le 'Malling 26', mais la qualité des fruits

récoltés sur ces deux porte-greffes a été excellente. A la sous-station de Frelighsburg, les résultats obtenus avec 'Ottawa 3' ont été semblables à ceux cités ci-dessus. Cependant, avec les formes qui lui sont les plus appropriées, l''Ottawa 3' a donné lieu à de meilleurs rendements à Frelighsburg qu'à Ottawa. En effet le tableau 2 nous indique qu'avec les cultivars 'McIntosh' et 'Spartan' et avec des arbres formés selon les quatre méthodes mentionnées au début l''Ottawa 3' s'avère de loin le porte-greffe qui permet d'obtenir de forts rendements hâtifs de fruits de qualité.

La forme qui semble convenir le mieux à l''Ottawa 3' est la "cloche étroite" (Tableaux 6 et 7).

TABLEAU 6 Rendements moyens (kg/ha) de pommiers 'Spartan' nains et semi-nains formés en "cloche étroite" (1) en "palmette oblique" (2) à leur 4^e feuillaison, Frelighsburg 1979

Porte-greffe	Densité pommiers/ha				Moyenne	
	2960		1480			
	(1)	(2)	(1)	(2)	(1)	(2)
Ott 3	15170 a	13287 a	11350 a	7625 a	13260 a	10458 a
M 9	15537 a	9048 b	7448 b	3643 c	11493 b	6346 b
M 26	8962 b	6029 c	5347 c	5260 b	7155 c	5645 c
M 7	6621 c	7790 d	3825 d	1370 d	5223 d	4580 d

a Différence non significative au seuil de 5 % entre les données suivies d'une même lettre.

Avec cette forme, cependant, lorsque planté à forte densité, le cultivar 'Spartan' sur 'Ottawa 3' ne s'est pas montré significativement supérieur au 'Malling 9'. A cette densité les fruits du 'Spartan' sur 'Ottawa 3' ont eu tendance à être petits, ce qui a diminué le poids de la récolte. La forme qui convient le moins bien au cultivar 'Spartan' sur 'Ottawa 3' est celle de l'arbre de "plein vent" non tuteuré (Tableaux 6 et 7).

TABEAU 7 Rendements moyens (kg/ha) de pommiers 'Spartan' nains et semi-nains formés en arbres de "plein vent" (1) et en "palmette de Van Roehoudt" (2) à leur 4^e feuillaison, Frelighsburg 1979

Porte-greffe	Densité pommiers/ha				Moyenne	
	1480		740		(1)	(2)
	(1)	(2)	(1)	(2)	(1)	(2)
Ott 3	8242 a	7807 a	3280 a	5019 a	5761 a	6413 a
M 9	7886 b	3520 c	3125 a	2309 b	5505 a	2915 b
M 26	4141 c	4590 b	5820 b	1498 c	4980 b	3044 b
M 7	3224 d	1361 d	1580 c	598 d	2411 c	978 c

a Différence non significative au seuil de 5 % entre les données suivies d'une même lettre.

Cela nous indique qu'un pommier avec porte-greffe 'Ottawa 3' a besoin d'un tuteur ou d'un support quelconque. Les mensurations des arbres de nos parcelles de Frelighsburg confirment les observations antécédentes, à savoir que l''Ottawa 3' confère au pommier un degré de vigueur qui le situe entre le 'Malling 9' et le 'Malling 26' (Tableau 4). Il est bon de noter qu'une trop forte densité (quelle que soit la forme adoptée) est de nature à diminuer la vigueur des pommiers sur 'Ottawa 3' (Tableau 4). En général, des densités intermédiaires (toutes les formes combinées) permettent à l''Ottawa 3' d'obtenir son équilibre physiologique optimal. Là où il atteint sa performance maximale, c'est-à-dire là où chaque arbre rapporte le plus individuellement c'est avec la forme de "cloche étroite" à une densité intermédiaire de 1480 arbres à l'hectare. Par contre, les plus hauts rendements à l'hectare furent obtenus lorsque des pommiers 'Spartan'/'Ottawa 3' furent plantés à forte densité même si, dans ces conditions, le rendement moyen par arbre a été plus faible (Tableaux 6 et 7). L''Ottawa 3' semble être un aussi bon porte-greffe pour le cultiver 'McIntosh' que pour le cultiver 'Spartan', alors que le 'Malling 26' de même que le 'Malling 9' s'avèrent de moins bon porte-greffes pour le 'McIntosh' que pour le 'Spartan' (Tableau 3). Toutefois,

lorsque non irrigués et non soumis à l'éclaircissage chimique les pommiers 'McIntosh'/'Ottawa 3' et 'Spartan'/'Ottawa 3' ont tendance à donner des pommes de calibre plutôt faible (Tableau 5).

Employé comme tige intermédiaire de 8 à 10 pouces sur le porte-greffe '*Malus robusta* 5', l''Ottawa 3' a donné d'excellents rendements hâtifs à Ottawa et à Frelighsburg. Les cultivars 'McIntosh' et 'Quinte' greffés de la sorte ont donné un rendement par arbre approximativement deux fois supérieur à celui fourni par ces mêmes cultivars lorsque greffés directement sur racines 'Ottawa 3'. L''Ottawa 3' s'est avéré supérieur au 'Malling 26' lorsqu'employé comme tige intermédiaire sur '*Malus robusta* 5'.

Jusqu'à date, l''Ottawa 3' n'a pas semblé trop sensible aux maladies virales. Dans certains cas, cependant, des scions, tels que ceux du 'Jerseymac' et du 'Macspur' non indexés, lui ont transmis des viroses dont les symptômes se sont manifestés au niveau de la greffe et se sont traduits par des rayures brunes sous l'écorce. Les arbres ainsi affectés sont destinés à mourir à plus ou moins brève échéance. De plus, en pépinière, ce clone est très sensible au mildiou poudreux et au puceron lanigère.

Ces inconvénients seraient plutôt négligeables en verger, mais il vaut mieux quand même prévenir les pomiculteurs et les pépiniéristes afin que ceux-ci ne greffent sur 'Ottawa 3' que des scions indexés quant aux principales viroses.

La multiplication de l''Ottawa 3' est très difficile en cèpée mais relativement facile par bouturage de racines. Les boutures de racines d''Ottawa 3' gardées en serre, de février à mai, à la Station de Recherches de Saint-Jean ont repris aux taux respectifs de 600 et de 850 sur 1 000 en 1972 et 1973. Lorsque multiplié par boutures de bois non aoûté, ce clone a eu un pourcentage d'enracinement variant de 62 à 65 % de 1969 à 1974. Ce pourcentage est inférieur à celui obtenu avec le '*Malus robusta* 5'

mais supérieur à celui obtenu avec le 'Malling 7'.

Le 'Malling 7'

Ce porte-greffe, connu depuis le XVII^e siècle en France et en Angleterre, a été resélectionné en 1959 par la Station de Recherches d'East Malling en Angleterre (Tukey, 1964). C'est le seul porte-greffe actuellement disponible mondialement qui confère au pommier une taille d'arbre semi-nain.

Le 'Malling 7', étant un des plus vieux porte-greffes utilisés en pomiculture, est considéré en Amérique du Nord comme l'un des plus sûrs car il s'est relativement bien comporté dans une multitude de conditions de sols et de climats. Au Massachusetts et au Michigan, on lui accorde encore une place de choix au sein des nouvelles plantations. On y préfère ne pas utiliser de tuteurs et donner aux arbres un minimum de soins d'entretien. Le 'Malling 7' est précisément le porte-greffe qui, dans ces conditions peut quand même se comporter de façon rentable (Lord et Costante, 1977). Avec le 'Malling 7' comme porte-greffe, des pommiers non tuteurés soumis à un émondage presque nul et croissant sans soins particuliers dans un sol mal égoutté et envahi par les mauvaises herbes, se sont relativement bien comportés depuis 1957 à Frelighsburg (Granger, 1972). A leur 9^e et 10^e feuillaison des pommiers, des cultivars 'Melba', 'McIntosh' et 'Bancroft' sur 'Malling 7' ont eu de faibles rendements allant de 20 304 à 38 394 kg/ha (moyenne des deux années et des trois cultivars, combinés) mais les fruits en furent d'excellente qualité. A faible densité, les rendements à l'hectare chez des pommiers greffés sur '*Malus robusta* 5' ont été légèrement supérieurs à ceux des arbres greffés sur 'Malling 7', soit 18 770 contre 18 246 kg/ha. Toutefois, à la densité maximale, les rendements des cultivars sur 'Malling 7' ont été supérieurs à ceux des cultivars sur '*Malus robusta* 5', l'augmentation étant de l'ordre de 1 778 kg/ha en faveur du 'Malling 7' pour les 9^e et 10^e feuillaisons combinées. Des observations plus récentes à la sous-station de Frelighsburg nous ont révélé que, parmi les 4 porte-greffes essayés,

le 'Malling 7' est celui qui a fourni les rendements les plus bas autant à forte qu'à faible densité, exception faite pour le 'McIntosh' qui, greffé sur 'Malling 7', donna plus de pommes que lorsque greffé sur 'Malling 9' ou 'Malling 26' (Tableaux 2 et 3). Le 'Malling 7' semble donc mieux s'adapter à la 'McIntosh' que le 'Malling 9' ou le 'Malling 26' (Tableau 3). Nous avons constaté que la forme qui convient le mieux au 'Malling 7' est celle de la "cloche étroite" et que, même avec ce porte-greffe, il importe de supporter les arbres sans quoi les rendements diminuent (Tableaux 6 et 7). Enfin, le 'Malling 7' s'est montré plus vigoureux que les quatre autres porte-greffes et a donné les plus gros fruits (Tableaux 4 et 5).

Le 'Malling 7' a un système racinaire pivotant et non pas traçant comme c'est le cas pour les trois autres porte-greffes dont il fut question. De ce fait, il peut, du moins dans certaines conditions (gel partiel de ses racines, etc.), souffrir d'une carence en potassium. De plus, il a une forte tendance à produire des drageons et il s'est montré très sensible à la tumeur du collet, (*Agrobacterium tumefaciens*) (Pl. III, fig. h). Même si le recours à ce porte-greffe semble être une solution facile dans l'esprit de plusieurs pomiculteurs du Québec suite à ce qu'ils ont observé au Massachusetts et ailleurs, une mise en garde s'impose; certes le 'Malling 7' est un porte-greffe sûr pour le pomiculteur qui, avec un minimum d'efforts, veut obtenir des petites ou de moyennes récoltes. Toutefois le 'Malling 7' n'est pas du tout à conseiller à celui qui tient à obtenir du volume et de la qualité, c'est-à-dire à celui qui tient à rentabiliser le plus possible son exploitation. Les recherches effectuées à Vineland, à Smithfield, à Saint-Jean et à Ottawa mettent en évidence la productivité plutôt faible du 'Malling 7' (Hutchinson, 1964).

Porte-greffes de poiriers

Le porte-greffe de poiriers le plus répandu maintenant au Québec est le franc de 'Bartlett' ('Williams'). Quoique peu précoce et assez sensible à la brûlure bactérienne (*Erwinia amylovora* Burr. Winsl et al.), ce genre

de porte-greffe s'est avéré plus rustique et plus vigoureux que certains cognassiers non adaptés à notre climat, surtout le 'cognassier C'. Toutefois le '*Pyrus ussuriensis*' s'est avéré le plus rustique et le plus fiable de tous les porte-greffes de poiriers essayés au Québec.

Le 'cognassier d'Angers', que l'on considère comme passablement rustique en Ontario et à la station de recherches de Geneva, N.Y. (Lapins 1963), n'a subi que quelques essais au Québec. Les francs de 'Bartlett' se sont montrés compatibles avec les cultivars les plus cultivés au Québec, notamment le 'Flemish Beauty', le 'Clapp's Favorite', 'l'Anjou', le 'Bosc', et le 'Bartlett' (Pl. III, figs b, c, d). Ce dernier, en raison de son manque de rusticité, n'a pas été rentable au Québec.

Depuis 1972, nous avons essayé à Frelighsburg, des francs d'aubépine indigène (*Crataegus* L.) dans le but de naniser le poirier et d'en hâter la mise à fruits. Nous avons noté que la longévité des scions de poiriers sur aubépine était très courte. En général, une telle combinaison ne dure que cinq ou six ans. Nous avons ensuite mis à l'essai des pièces intermédiaires de 'Old Home' sur racines de *Crataegus*. Selon des résultats obtenus en Oregon, cette combinaison devait conférer au poirier une certaine résistance à la brûlure bactérienne (*Erwinia amylovora* Burr. Winsl et al.), une fructification plus précoce, ainsi qu'un nanisme mitigé. Malheureusement, le taux de reprise des arbres comportant ces doubles greffes n'a été que de 25 %; toutefois, les sujets qui ont repris se sont bien comportés, ont commencé à rapporter tôt et sont devenus des poiriers semi-nains. La meilleure combinaison a été celle du scion sur 'Old Home' sur franc. Suite à ces essais, certains de nos pépiniéristes ont commencé à utiliser le 'Old Home' comme pièce intermédiaire sur franc. Des essais préliminaires nous révèlent que le 'Harbin' et le 'Luscious' pourraient avantageusement servir de porte-greffes de poirier au Québec. Nous n'avons pas encore essayé aucun des porte-greffes russes et allemands tels les cognassiers 'Melitopolskaya', et 'Severnaya', et les sélections de cognassiers 'Pillnitz' #1, 3 et 5 ou les clones 'Pillnitz' ('*Pyrus betulifolia*') reconnus comme relativement nanisants au froid.

Les porte-greffes de pruniers

Depuis au-delà d'un demi-siècle, les porte-greffes de prunier les plus fréquemment employés au Québec ont été les francs du prunier indigène ('*Prunus americana*') et le 'Myrobolan B'. d'East Malling. Avec de tels porte-greffes, les pruniers ont été plantés à la densité d'environ 450 arbres à l'hectare. Aux sous-stations de La Pocatière et de Frelighsburg, nous avons planté des pruniers greffés sur le porte-greffe 'Brompton' au taux de 840 arbres à l'hectare. Cette expérience, initiée en 1977, comporte plus de 30 cultivars de pruniers sur ce porte-greffe; ces arbres ont commencé à produire mais il est encore trop tôt pour faire état des résultats obtenus.

Aux stations de recherches d'Ottawa, de Vineland et de Geneva, des essais ont porté sur l'action nanisante des francs du 'cerisier des sables' ('*Prunus besseyi*') employés comme porte-greffes (Blair, 1954; Hutchinson, 1964). Les rendements ont été trouvés acceptables, la maturité des fruits a été de 7 à 10 jours plus hâtive et leur qualité a été excellente. Cependant, il a fallu supporter les arbres avec de solides tuteurs et il semble que les scions du type 'Damson' n'ont pas été compatibles avec ces porte-greffes. A la sous-station de Frelighsburg, nous avons greffé des pruniers sur '*Prunus tomentosa*' mais la reprise ne fut que de 15 %. Ces arbres avaient une taille environ deux fois moindre que celle des arbres standards et auraient pu être plantés à des densités excédant 1 500 arbres à l'hectare.

Porte-greffes de griottiers et de cerisiers

Les porte-greffes de griottiers les plus répandus au Québec sont les francs de 'Mazzard' et de 'Mahaleb' et le clone 'Mazzard F12'. Bien que les francs de 'Mahaleb' soient légèrement nanisants pour les griottiers comme 'Montmorency', 'Northstar' et 'Meteor' ils en font malgré tout des arbres qui atteignent rarement plus que 50 % ou 75 % des dimensions des arbres standards. Lapins (1963) rapporte qu'une pièce intermédiaire du

petit merisier d'Amérique (*Prunus pensylvanica*) sur racine de 'Mazzard' a une forte action nanisante tout en étant compatible avec les principaux griottiers commerciaux. A la sous-station de Frelighsburg, nous avons fait plusieurs essais avec des francs de 'merisiers d'Amérique' qui ont toujours semblé compatibles avec les scions de griottiers commerciaux. Il est toutefois encore trop tôt pour faire état des résultats obtenus. Comme nous n'avons pas encore essayé le porte-greffe nanisant 'Colt' d'Angleterre, nous n'avons pas de porte-greffes qui nous permettent vraiment de planter des griottiers et des cerisiers (pour jardiniers amateurs) à forte densité au Québec.

Aspects économiques

Même si au Québec il est un peu tôt pour pouvoir nous prononcer sur la rentabilité des formes d'arbres fruitiers cultivés à telle ou telle densité, les premiers résultats obtenus dans nos parcelles expérimentales et chez des producteurs avant-gardistes sont de bon augure. D'ailleurs Fisher (1969) en Colombie-Britannique, Norton (1971) dans l'Etat de New York et Hutchinson (1976) et Miller (1976) en Ontario ont rapporté que, même en Amérique, les vergers à fortes densités étaient plus rentables que les vergers conventionnels. Il va sans dire que, selon ces mêmes chercheurs, les plantations trop denses n'ont pas été trouvées plus rentables que celles qui ne l'étaient pas assez.

Chez le pommier, le bilan de nos parcelles expérimentales à Frelighsburg nous indique que pour l'année 1979 (4^e feuillaison) la forme de "cloche étroite" avec arbres plantés à forte densité fut la combinaison la plus rentable (bénéfice de 2 042,50 \$ à l'hectare). Elle a été suivie par la "palmette oblique" à forte densité (bénéfice de 1 457 \$ à l'hectare). A partir des données que nous possédons présentement, il est difficile de prédire quand nos pommiers atteindront leur seuil de rentabilité. Nous prévoyons que, au rythme où ils progressent avec la meilleure combinaison possible, soit 'McIntosh' ou 'Spartan' sur 'Ottawa 3' plantés à forte densité en forme de cloche étroite, nous pourrions vers la 6^e feuillaison

annuler complètement la dette initiale de 16 342 \$ l'hectare qu'il en a coûté pour l'établissement et l'entretien jusqu'en 1979 de ce système. En somme, il faudra que, chez ces arbres, la production passe de 9220 kg/ha à environ 40 000 kg/ha en 1981. Certes les arbres de plein vent furent ceux qui nous ont coûté le moins cher à établir et à entretenir mais il semble que ce ne seront pas ceux qui vont s'avérer les plus rentables. Certains pomiculteurs qui ont des pommiers formés en "cloche étroite" et plantés à fortes densités nous ont avoué que c'est à leur 6^e feuillaison que leurs pommiers ont atteint leur seuil de rentabilité. Quelques-uns entre autres, selon nos estimations de récoltes, ont pu recueillir lors de la cinquième ou de la sixième feuillaison de leurs pommiers nains entre 30 000 et 45 000 kg/ha chez les cultivars 'Spartan', 'McIntosh', 'Lobo' et 'Délicieuse rouge' formés en "cloche étroite" et plantés à des taux de 2 000 à 3 000 pommiers à l'hectare. A ce compte, s'il est vrai que le pomiculteur québécois en 1980 doit compter sur 20 000 boisseaux de pommes pour obtenir un revenu convenable, il ne lui faudrait que 20 acres (8,1 hectares) de pommiers formés en "cloche étroite" et plantés à forte densité pour obtenir un tel revenu vers la 6^e ou 7^e feuillaison.

En ce qui concerne la production québécoise des poires, des prunes et des cerises, notre volume de production a été si négligeable, du moins au cours des dernières décennies, que les relevés statistiques ne font même pas mention de ces cultures. Néanmoins, en 1976, la consommation *per capita* au Québec a été 7,2 livres de poires, 2,2 livres de prunes et 1,9 livres de cerises (douces et amères), en comparaison de 41 livres de pommes. Notre marché pourrait donc absorber un bon volume de production locale de poires, prunes et cerises en autant que la qualité de ces fruits soit adéquate.

Sous nos conditions climatiques, les cultivars de poires qui au point de vue rendement et qualité pourraient fournir des fruits concurrentiels sur les marchés locaux (Pl. III, figs b, c, et d) sont le 'Favorit de Clapp', le 'Beauté Flamande', le 'Beurrée d'Anjou' et le 'Miney'. Bien que le 'Bartlett' soit un cultivar plus connu des gens d'ici, sa culture

demeure beaucoup plus aléatoire car l'arbre est sensible au gel et à la brûlure bactérienne.

En ce qui concerne les prunes, les cultivars rustiques les plus susceptibles de trouver preneur sur le marché local sont 'Mont Royal', 'Reine Claude de Montmorency' et 'Damas Bleue'. Beaucoup d'autres cultivars pourraient devenir d'acceptation commerciale puisqu'ils ont donné, au Québec, de bons rendements et des fruits de qualité (Pl. III, figs e, f et g). Un bulletin sur la culture de la prune au Québec est en préparation à la Station de Recherches de Saint-Jean; on y trouvera de plus amples informations sur le sujet.

Nous en sommes encore loin de la production commerciale des griottes et des cerises douces car ces deux cultures, surtout celle des cerises douces, sont très marginales. Cependant, il y aurait lieu d'intensifier la culture des griottes dans le Bas-Saint-Laurent et même ailleurs où elle existe déjà à l'état embryonnaire et où les cultivars 'Montmorency', 'Meteor' et 'North Star' se sont avérés bien adaptés (Pl. III, fig a). Comme la compétition est très forte dans le domaine de la production des griottes en Amérique du Nord, une étude sérieuse des possibilités de mise en marché de ce fruit au Québec s'impose avant de préconiser l'établissement de plantations commerciales.

Annexe

*Question et réponses concernant les diapositives montrées au pavillon
l'Amare le 21 août 1980*

Q. Parmi les cultivars de pommiers employés au Québec, quels types de fructification pouvons-nous rencontrer?

R. Les types de fructification que l'on y trouve sont:

- a) Type I Les types à lambourdes (Pl. I, figs a et b)
- b) Type II Les types McIntosh et Spartan (Pl. I, figs c et d)
- c) Type III Le type Empire et Golden Delicious (Pl. I, fig.e)
- d) Type IV Le type Cortland et Red Haralson (Pl. I, figs f et g)

Ces types correspondent quelque peu à ceux décrits par monsieur Lespinasse. En raison de la disposition des coursonnes dans la ramure de chaque type d'arbre, il faudra utiliser en verger quatre modes de conduite (taille et formation) différents.

Q. Au Québec, est-il plus important de drainer les sols à verger lorsqu'il s'agit de pommiers nains que lorsqu'il s'agit de pommiers de taille conventionnelle?

R. En raison des fortes précipitations en neige et en pluie, il est tout à fait primordial de bien drainer nos sols à verger au Québec et plus particulièrement s'il s'agit de pommiers nains car chez ceux-ci l'action néfaste des gels et dégels successifs des racines de l'arbre est beaucoup plus à craindre lorsqu'un sol est gorgé d'eau. Puisque les pommiers nains ont un système racinaire peu profond et peu développé ils seront, en maintes occasions, plus sujets à l'asphyxie des racines due à un excès d'eau de surface (Pl. II, fig. a).

Q. Est-il nécessaire d'irriguer les pommiers nains?

R. Les pommeraies du Québec reçoivent chaque année une abondante précipitation mais malheureusement cette précipitation n'est pas

uniformément distribuée. Il faut donc, dans la grande majorité des cas, avoir recours à l'irrigation, du moins lorsque la plantation en est à ses premières années; les jeunes pommiers ont un système racinaire peu développé et inapte à bien explorer les réserves d'eau du sol qui, par temps de sécheresse, se rencontrent dans une zone plus ou moins profonde. Il est important de noter que l'équilibre physiologique d'un pommier nain est beaucoup plus facile à maintenir lorsqu'on utilise l'irrigation et, de ce fait, les arbres rapportent plus tôt et plus abondamment. D'ailleurs, certains cultivars nouveaux comme le 'Spartan', l' 'Empire' et le 'Red Haralson' nécessitent l'utilisation d'un système d'irrigation sans quoi, dans bien des cas, le fruit est de faible calibre à la récolte (Pl. II, fig.b).

Q. Doit-on renoncer à planter des pommiers nains parce que, sous nos conditions, les branches des jeunes arbres sont très souvent brisées ou cassées par la glace, la neige et le verglas?

R. Certes le bris des branches par la glace, la neige et le verglas sont un handicap au Québec mais, en général, ces dommages en sont pas très considérables. D'ailleurs, même les pommiers standards, lorsqu'ils sont jeunes, peuvent être endommagés par la glace, la neige et le verglas. Pour contrer cette difficulté on fera bien d'employer de bonstuteurs ou un système de palissage solide. Les arbres peu ou pas supportés sont beaucoup plus affectés par ces dommages mécaniques. Le pomiculteur vigilant devra, dès qu'il se produit un dégel au cours de l'hiver libérer les branches des pommiers recouvertes de la neige molle. Après le durcissement de cette neige il deviendra impossible d'en retirer les rameaux. D'ailleurs, lorsque la neige fondante gèle elle écarte les branches du tronc avec une très grande force. Un autre phénomène peut aussi se produire au printemps lors de la fonte de la neige, soit la formation d'un vide sous la couche de glace retenant prisonnière les branches de pommier. C'est alors que le poids de la glace, qui fond moins vite que la neige, va entraîner et casser ces branches (Pl. II, fig.e).

- Q. Est-ce que les dommages causés par les campagnols des champs et le cerf de Virginie (chevreuil) sont plus à craindre chez le pommier nain?
- R. Etant donné la forte densité et la petite taille des pommiers des nouvelles plantations, ils sont certainement beaucoup plus vulnérables aux assauts de ces deux ravageurs. Il importe donc de bien protéger les pommiers à cet effet.
- Q. Les pommiers nains sont-ils plus sensibles à la brûlure bactérienne que les pommiers de taille régulière?
- R. La brûlure bactérienne n'envahira pas plus le pommier nain que le pommier standard pour autant que la fertilisation azotée n'est pas trop élevée, qu'on utilise pas des cultivars très sensibles (Jaune Transparente, Saint-Laurent, etc.) et qu'on élimine les sources de contamination. La brûlure bactérienne peut se propager par la taille d'été à partir d'un foyer d'infection, taille qui se pratique aussi bien sur les pommiers nains que sur les pommiers standards.
- Q. La culture du prunier au Québec est-elle possible malgré les maladies qui menacent cette culture?
- R. Malgré la présence du nodule noir (*Dibotryon morbosum*), de la tumeur du collet (*Agrobacterium tumefaciens*) et des viroses, la culture du prunier est possible au Québec. On peut maintenant se prémunir contre ces maladies. Un bulletin, en préparation à la Station de Recherches de Saint-Jean, traitera de la culture des pruniers au Québec, ainsi que des méthodes de lutte contre les maladies.
- Q. Que faire pour prévenir l'affranchissement du scion sur porte-greffe nanisant?
- R. L'affranchissement, c'est-à-dire la formation de racines issues du scion peut être évité lors de la plantation du pommier en plaçant la

zone de suture de la greffe à au moins 10 centimètres au-dessus de la surface du sol (Pl. II, fig.c). Si par erreur la suture se trouvait dans le sol et que des racines avaient commencé à se développer, il faudrait couper ces racines au plus tôt et dégager la zone de la greffe de tout le sol qui la recouvre. Si on ne les enlève pas, les racines d'affranchissement, après un an ou deux, auront déjà fait mourir complètement le porte-greffe nanisant (Pl. II, fig.c).

Q. Le désherbage est-il important au pied d'un pommier nain?

R. Dans des parcelles expérimentales à Frelighsburg, nous avons noté que là où on a laissé croître les mauvaises herbes près du tronc des jeunes pommiers, ceux-ci se sont très peu développés et n'ont même pas commencé à rapporter à leur quatrième feuillaison. Par contre, dans les mêmes parcelles expérimentales où nous avons détruit chimiquement les mauvaises herbes de façon à ce que le sol soit nu totalement, c'est-à-dire pendant toute la saison de végétation ou partiellement, c'est-à-dire seulement jusqu'à la mi-août, le développement des arbres dans l'un et l'autre cas a été de 2 à 3 fois supérieur à celui des pommiers non désherbés et la récolte a varié entre 5 et 12 kilogrammes de fruits par pommier chez les cultivars 'McIntosh', 'Jerseymac' et 'Red Delicious'.

Q. Y a-t-il un moyen d'éliminer la formation de galles radiculaires aériennes burr knots chez certains porte-greffes de pommier?

R. Il s'est fait relativement peu de recherches dans ce domaine. Toutefois le docteur C.G. Forshey et monsieur F. McNicholas, dans l'est de l'état de New York, ont trouvé que des applications d'acide naphthalène acétique (ANA ou NAA) à 1 % ont empêché les galles radiculaires aériennes de se développer chez le porte-greffe 'M 26' (Pl. II, fig.d). Il a été précédemment question de ce traitement (voir sous le 'Malling 26').

Q. L'insolation qui se produit à la fin de l'hiver est-elle à craindre chez les jeunes pommiers nains au Québec ?

R. Il arrive souvent que l'insolation de la fin de l'hiver ou 'brûlure du sud-ouest' soit un très sérieux problème chez les jeunes pommiers au Québec. Pour obvier à cette difficulté, nous conseillons de placer les tuteurs du côté sud-ouest de l'arbre lors de la plantation, ou encore de badigeonner le tronc du pommier avec un mélange de peinture d'extérieur de type latex diluée (2 pintes d'eau par gallon) à laquelle on ajoute 2 livres de Thiram (75 % W.P.) sous forme de poudre mouillable. Le Thiram agit comme répulsif au mulot (campagnol des champs).

Q. Quelles sont les carences les plus fréquentes affectant les jeunes pommiers nains au Québec ?

R. Au Québec, les carences en magnésium et en bore sont très fréquentes (Pl. II, figs h, i). Il arrive parfois que le calcium soit déficitaire. On consultera le Guide de la culture du pommier au Québec à ce sujet (Publication 333 du ministère de l'Agriculture du Québec Agdex 211/20).

Q. Doit-on utiliser un brise-vent pour protéger les nouvelles plantations de pommiers nains au Québec ?

R. L'emploi d'un brise-vent est primordial dans les pommeraies du Québec. On doit placer le brise-vent du côté ouest du verger c'est-à-dire du côté du vent dominant. Cependant, il est à conseiller de ne pas planter de pommier trop près du brise-vent sans quoi les accumulations de neige au cours de nos hivers auront tôt fait de casser les branches des pommiers. Un bon brise-vent pourrait se composer d'une rangée d'arbres à feuilles caduques et d'une rangée de conifères plantés à l'arrière plan et en quinconce.

Références

- 1 ANON. 1978. Coup d'oeil sur l'agro-alimentaire. Agriculture Québec. Service des études économiques. 334 p., Fruits p. 258.
- 2 BLAIR, D.S. 1954. Plums for cold areas of Eastern Canada. Can. Dep. Agr. Pub. 849, 14 p.
- 3 DAVIS, M.B.; D.S. Blair and H.B. Cannon. 1934-1948. Canada Dept. Agr. Div. Hort. Progr. Rept. pp. 5-14.
- 4 FISHER, D.V. 1969. Capitalization at the break-even point for a high density and low density apple orchard. Report of the C.D.A. Res. Stn., Summerland, B.C.
- 5 GARON, J. et F. Ouellet. 1978. Réorientation de l'Industrie Pomicole au Québec. Programme Agricole 03, Élément 02, Service des productions végétales. Agriculture Québec, 2 p.
- 6 GRANGER, R.L. 1972. Hints on the use of apple rootstocks. Meeting on Apple Orchard Management (held in Ottawa on November).
- 7 GRANGER, R.L. 1977. Problems and progress with high density apple orchards in Québec, p. 21 in Hort. Res. Inst. of Ontario, Vineland Station, Report on workshop on Apple Management, August 17-19, 78 p.
- 8 GRANGER, R.L.; G. Rousselle et M. Lareau. 1974. L'Ottawa 3, le Malling 9 et le Malling 26 en tant que porte-greffes et tiges intermédiaires de pommier. Québec Horticole, pp. 12-16.
- 9 HUTCHINSON, A. 1964. Rootstocks for tree fruits. Hort. Exp. Stn., Vineland Ont. Dep. of Agr. Pub. 334, 18 p.
- 10 HUTCHINSON, A. and E. Andersen. 1976. Compact apple orchard experiments, management, costs and returns the first 5 years. Comm. given at the International Dwarf Fruit Tree Association, Michigan.
- 11 LAPINS, K. 1963. Cold hardiness of rootstocks and framebuilders for tree fruits. Res. Stn. Summerland.
- 12 LORD, W.J. et J. Costante. 1977. Establishment and management of compact apple trees. Coop. Ext. Service, Un. of Mass. U.S.P.A. and County Ext. Serv. Coop. 32 p.
- 13 MARGOLIN, A.F. 1951. Dwarf apples in the Moscow region (in Russian) Sad i Ogorod 12: 5-7 1950. Plant Breeding abstracts 21: 1364.

- 14 MILLER, S.R. 1976. Economics involved in apple bed plantings.
Report of the res. stn of Smithfield, Ontario, 14 p.
- 15 NORTON, R.L. 1971. What you must know about high density plantings.
Go from red to black. July issue of the Am. Fruit Grower, p. 10-14.
- 16 ROUSSELLE, G.L.; R.L. Granger; C.N. Fortin et S. Riendeau. 1975-76.
Résumé des recherches en cultures fruitières - Station de Recherches
de Saint-Jean. Vols 4 et 5, p. 33.
- 17 SMIRNOV, V.F. 1960. Cultivation of dwarf fruit trees (in Russian).
Gos. Izd. Selskokhoz. Liter., Moskwa, 4th ed.
- 18 TAPER, C.D. 1979. Personal communication. Re: progress report on
the performance of dwarf and semi-dwarf apple trees at Macdonald
College.
- 19 TUKEY, H.B. 1964. Dwarfed Fruit Trees. Mich. State University.
The Macmillan Co. New York. Textbook, 562 p.
- 20 TUKEY, R.L. 1971. Proc. B.C. Fruit Growers Association. Hort.
Forum, p. 35.
- 21 WATKINS, R. 1968. Summary of results on some of the most promising
Ottawa clonal apple rootstocks with Malling and Malling Merton
rootstocks for comparison, Report of Jan. 11.

Planche 1

Types de fructification et formes de pommiers au Québec.

- a. 'MorSpur McIntosh'/'M. robusta 5' à sa 8^e feuillaison
- b. Rameaux de 'Mac Spur McIntosh'
- c. 'Imperial Allred McIntosh'/'Ott 3' à sa 4^e feuillaison
- d. 'Spartan'/'M 26' à sa 4^e feuillaison
- e. 'Empire'/'Ott 8' à sa 8^e feuillaison
- f. 'Red Haralson'/'Ott 8' à sa 8^e feuillaison
- g. 'Cortland'/'M 9' à sa 22^e feuillaison
- h. 'Imperial Allred McIntosh'/'Ott 3' formé en "cloche étroite" à sa 4^e feuillaison
- i. 'Golden Delicious'/'M 9' formé en "palmette de Van Roehoudt" à sa 6^e feuillaison
- j. 'Spartan'/'Ott 3' formé en "palmette oblique" à sa 4^e feuillaison
- k. 'Imperial Allred McIntosh'/'Ott 3' formé en arbre de "plein vent"

Plate I

Fruiting habits and forms of apple trees in Québec

- a. 'MorSpur McIntosh'/'M *Robusta* 5', 8th season
- b. Branches of 'Mac Spur McIntosh'
- c. 'Imperial Allred McIntosh'/'Ott 3', 4th season
- d. 'Spartan'/'M 26', 4th season
- e. 'Empire'/'Ott 8', 8th season
- f. 'Red Haralson'/'Ott 8', 8th season
- g. 'Cortland'/'M 9', 22nd season
- h. 'Imperial Allred McIntosh'/'Ott 3', "slender bell" training system, 4th season
- i. 'Golden Delicious'/'M 9', "Van Roechoudt palmette" training system, 6th season
- j. 'Spartan'/'Ott 3', "oblique palmette" training system, 4th season
- k. 'Imperial Allred McIntosh'/'Ott 3', "free-growing" tree

PLANCHE I

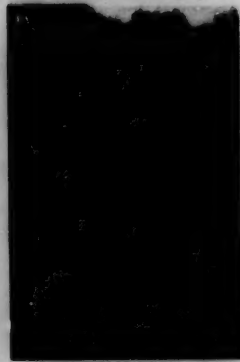
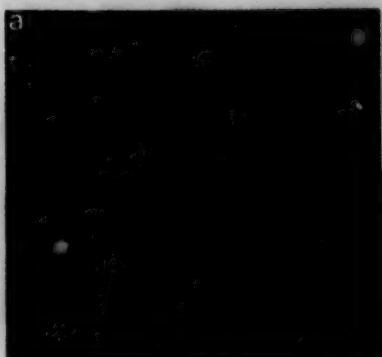




Planche II

Certaines anomalies ou particularités des vergers à fortes densités au Québec.

- a. Mauvais égout de surface lors du mois de juin
- b. Goutteur d'un système d'irrigation goutte à goutte
- c. Affranchissement d'un pommier 'Imperial Allred McIntosh'/'M 26'
- d. Galles radiculaires aériennes sur 'M 26'
- e. Bris de branches d'un 'McIntosh'/'M 9' après sa 15^e feuillaison
- f. Pommier 'Spartan'/'M 9' de plein vent
- g. Flèche ployant sous le poids des pommes car le tuteur trop court du pommier ne peut pas l'assujettir
- h. Carence en magnésium
- i. Carence en bore

Plate II

Some anomalies or problems in high-density orchards in Québec

- a. Poor surface drainage, June
- b. Feeder, drip irrigation system
- c. Scion-rooting of an 'Imperial Allred McIntosh'/'M 26' apple tree
- d. Burr knots on 'M 26'
- e. Broken branches on a 'McIntosh'/'M 9' after its 15th season
- f. Free-standing 'Spartan'/'M 9' apple tree
- g. Leader bending under weight of apples because tree's support is too short
- h. Magnesium deficiency
- i. Boron deficiency

PLANCHE II

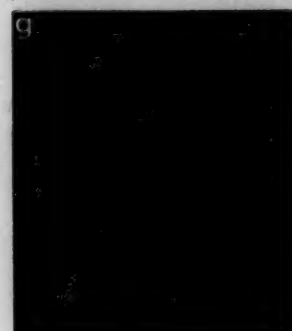




Planche III

Cerises, poires, prunes et tumeur du collet.

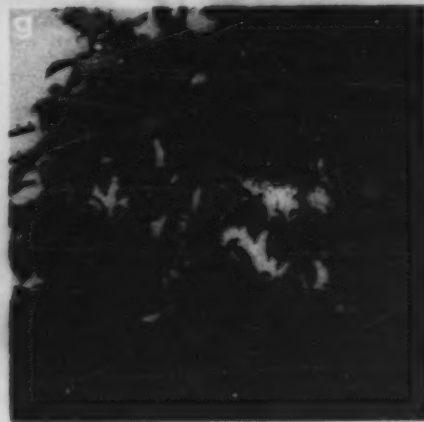
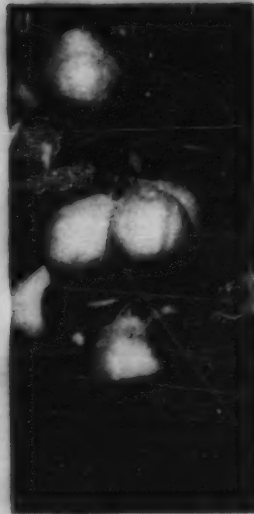
- a. Griottes 'Montmorency'**
- b. Poires 'Favorites de Clapp'**
- c. Poirier du cultivar 'Favorite de Clapp'**
- d. Poires 'Miney'**
- e. Prunes 'Early Italian'**
- f. Prune 'Kahinta'**
- g. Prunier 'Kahinta' à sa 8^e feuillaison**
- h. Tumeur du collet sur racines de pruniers 'Brompton'**

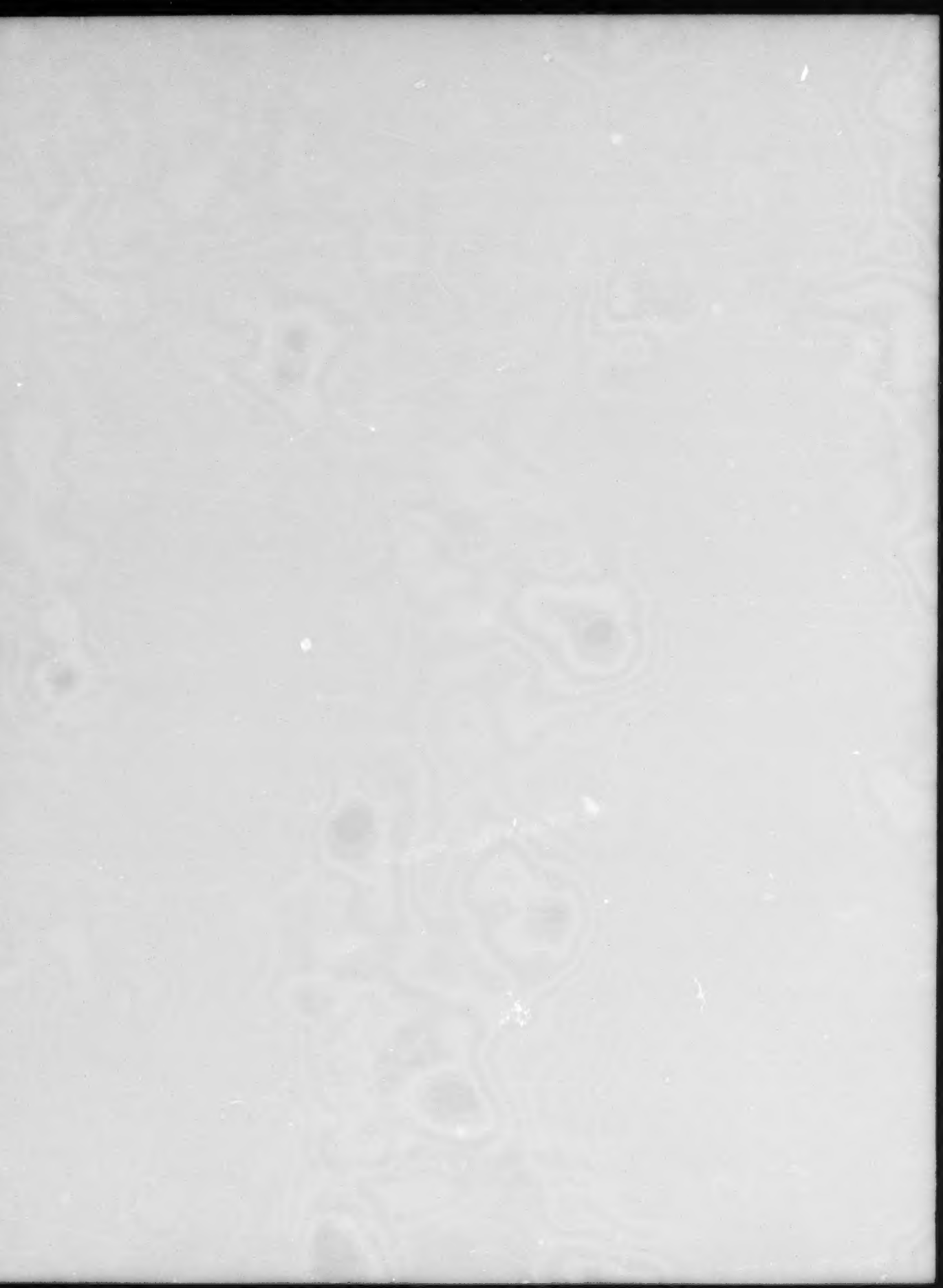
Plate III

Cherries, pears, plums and crown gall

- a. 'Montmorency' sour cherries
- b. 'Clapp's Favourite' pears
- c. Pear tree, cultivar 'Clapp's Favourite'
- d. 'Miney' pears
- e. 'Early Italian' plums
- f. 'Kahinta' plum
- g. 'Kahinta' plum tree, 8th season
- h. Crown gall on roots of 'Brompton' plum trees

PLANCHE III





Management of High-Density Orchards in Québec

Raymond L. Granger

**Research Station
Agriculture Canada
Saint-Jean, Québec
Canada**



Abstract

Québec's fruit growing industry is now experiencing rapid and important changes. Standard size fruit trees are being replaced by dwarf and semi-dwarf ones. Single row systems are prevailing at the moment. The most common training systems are the "slender bell" and the "oblique palmette". Concerning apples, the 'Malling 9', 'Malling 26', 'Ottawa 3' and 'Malling 7' rootstocks are in prominent use. Of these, 'Ottawa 3' showed a superior performance. Given present economic conditions, it seems that eight hectares of dwarf apple trees planted in a high density system can viably support one Québec grower.

'Bartlett' seedlings are still the most popular rootstock for pears in this province while native plum seedlings, and the clones 'Myrobolan' and 'Brompton' are the usual plum rootstocks. Trials with other plum and pear rootstocks have been very limited. Sour and sweet cherry cultivars are mainly grafted on 'Mazzard' and 'Mahaleb' seedlings or on 'Mazzard F12' clones.

A series of questions and answers regarding some unusual aspects of the regional fruit tree culture is included.

1 Contribution No J 850, Research Station, Research Branch, Agriculture Canada, Saint-Jean-sur-Richelieu, Québec.

In recent decades, fruit growers in most pome - and stone-fruit producing countries have tended to cultivate fruit trees which are adapted to their own regions; small, early-bearing, heavy producers of quality fruit. It has been found that profits depend on optimum fruit tree density over a given area, together with good orchard management.

Québec's fruit growers too have begun to realize that dwarf and semi-dwarf fruit trees, properly managed, are their only hope of survival. Apple orchards, particularly those with 90 to 180 trees per hectare, are being replaced by new plantings with 600 to 3 500 trees per hectare. The same tendencies, although slightly less marked, are evident among pear, plum and cherry growers.

Training systems

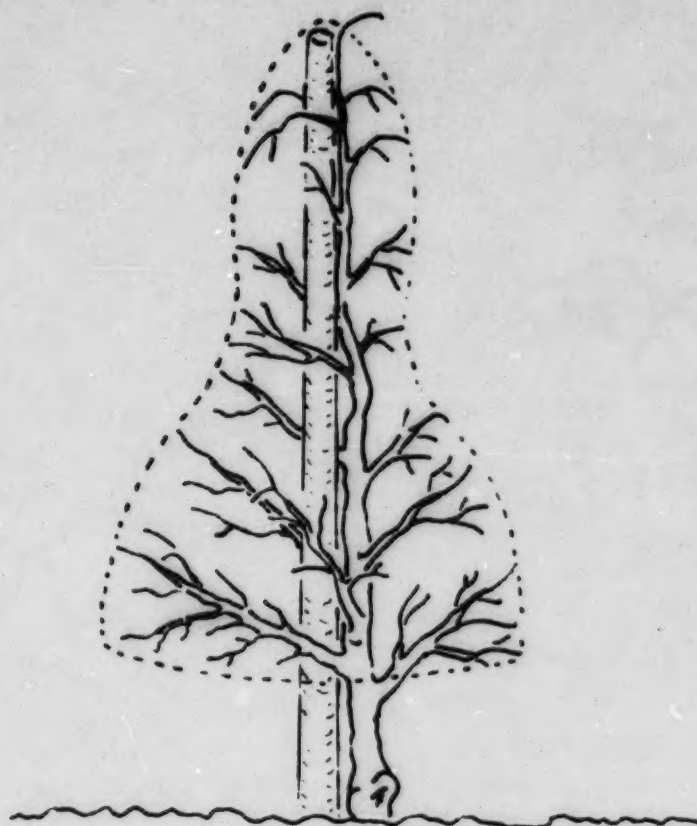
The training systems in most common use in Québec at the present time are the "slender bell" and the "oblique palmette" methods (fig 1 and Pl. I, figs h and j). Trees trained to these forms are normally provided with some kind of support and are nearly always planted in single rows. Some trees are also left "free-growing", without any support.

Local tests tend to demonstrate that, in terms of apple production and profits, of the following four training systems, the "free-growing tree", "Van Roechoudt palmette", "oblique palmette", and "slender bell", the two most promising forms are the "slender bell" and the "oblique palmette"* (Pl. I, figs h, i, j and k). The "slender bell" is closely related to the "slender spindle" described in this report by Dr. S.J. Wertheim. This form is obtained either by leaving the central stem intact after the second foliation, or by cutting it back each year, depending on whether the French "vertical axis" or the Dutch "slender

* All these training systems are described in Saint-Jean Research Station bulletin J-642.

Figure 1 Principal training systems used for apple trees in Québec:
A slender bell or slender spindle
B oblique palmette

A



B



spindle" system is being used. In the first case, the leading shoot must be attached to a good-sized stake or raised on wire support, otherwise the weight of the crop will soon cause it to bend and break (Pl. II, fig g). At the Frelighsburg experimental sub-station, the "slender bell" method has encouraged heavier and earlier fruit production than the other training systems (Table 1).

TABLE I Average production (kg/ha) by training system and density of 4th-year dwarf and semi-dwarf apple trees, Frelighsburg 1979

Training system	Density** in trees/ha			Average
	2960	1480	740	
Slender bell	9220 a	5344 a		7282 a
Oblique palmette	7320 b	3870 c		5595 b
Free-standing		5340 a	3521 a	4431 c
Van Roechoudt palmette		3943 b	1806 b	2875 d

Our current tests appear to indicate the need for a stake or point of attachment to support dwarf and sometimes even semi-dwarf trees, which, under our climatic conditions, have a strong tendency to bend when the soil softens during the spring thaw (Pl. II, fig f). The same phenomenon may also occur during the summer, as a result of wind, rain or the weight of a crop which is poorly distributed around the central axis. This is why, as shown in table 1, "free-standing" apple trees show reduced production as compared to "slender bell" and "oblique palmette" trees. Since apple trees trained by the "Van Roechoudt palmette" system must be severely pruned in their 2nd and 3rd seasons, it is difficult to compare them to other apple trees in terms of production.

a Non-significant difference (at the 5% level) from data followed by the same letter.

** In this text, density will be described as high (2960 trees/ha), medium (1480 trees/ha) or low (740 trees/ha).

In Québec, since the weight of snow and ice tend to break the lower branches of dwarf or semi-dwarf trees, it is often important to attach the lateral branches of these fruit trees to a central support or wire (Pl. II, fig e).

The commonest training system for pear, plum and cherry trees is the "free-standing" or "bell" tree, normally without any form of support. The espaliered forms used in British Columbia for the 'Anjou' pear do not yet exist in Québec. Similarly, the system of training strong lateral branches on sour cherry trees for easier mechanized picking is not yet in use on Québec. While some fruit growers have trained their plum trees into the "goblet" shape, the most common and the most practical forms for the plum tree in Québec remain the "free-standing" tree and the "bell" free.

Rootstocks

Given present economic conditions, it is essential that fruit production costs be reduced. With regard to apples, Dr. Ronald Tukey (1971) notes that picking, pruning and pest control account for nearly 40 % of the total of these costs. Other economic studies performed in the state of New York (Snyder, 1968) have demonstrated that the use of dwarf and semi-dwarf apple trees helps to reduce production costs considerably. The same observation made in Québec (Garon and Ouellet, 1978) has led us to recommend the exclusive use of rootstocks which will produce trees of dwarf and semi-dwarf size and which are adapted to our climatic conditions. These include 'Malling 26', 'Ottawa 3', 'Malling 7' and 'Malling 9'; the last-named, however, should be used only to a limited extent.

'Malling 9'

'Malling 9' is a dwarfing rootstock which was tested at the Ottawa Research Station from 1938 to 1970. There it proved to be cold-sensitive

(Davis *et al.*, 1948). In Russia, too, it is considered non-hardy (Margolin, 1951 and Smirnov, 1960). In Québec, 'Malling 9', cultivated on turfed land near Macdonald College, has survived our winters for at least 22 years (Taper, 1979). However, after their first season, poorly matured specimens of 'McIntosh' and 'Spartan' cultivars on 'Malling 9', growing on bare ground at the Frelighsburg sub-station, suffered considerably from the cold during the winter of 1975-76 (Rousselle *et al.*, 1976).

In our Frelighsburg experimental plots, young 'Malling 9' was the least productive of the dwarf-type rootstocks (Table 2).

TABLE 2 Average production (kg/ha) of 'McIntosh' and 'Spartan' cultivars per rootstock and planting density of 4th-year dwarf and semi-dwarf apple trees, Frelighsburg 1979

Rootstock	Density in trees/ha			Average
	2960	1480	740	
Ott 3	14229 a	8756 a	4150 a	8972 a
M 26	7617 b	3797 c	3576 b	4696 b
M 9	7403 c	4312 b	1568 d	4605 c
M 7	6810 d	3697 d	2104 c	4077 d

a Non-significant difference (at the 5 % level) from data followed by the same letter.

This rootstock appears to perform well with the cultivars best adapted to high-density planting, such as 'Empire', 'Golden Delicious' and 'Red Haralson' (Pl. I, e and f).

At Vineland, Ontario, 'McIntosh', 'Cortland' and 'Red Delicious' trees, all on 'Malling 9', have produced an average of two bushels per tree from the 5th to the 10th season. At the same location, 'McIntosh', 'Spy' and 'Red Delicious' apple trees on 'Malling 9', considered relatively old (between 20 and 25 years old), produced an average of

54 kg (3 bushels) of apples per tree (Hutchinson, 1964). Some of these trees produced up to 72 kg (4 bushels). In Ottawa, the annual yield of 'McIntosh' trees on 'Malling 9' has been 16 to 27 kg per tree between the ages of 12 and 25 years. 'Malling 9' requires soil which is relatively heavy and well watered, but well aerated and drained (Granger *et al*, 1974).

Based on the results obtained on our Frelighsburg plots with 'Spartan' and 'McIntosh' cultivars on 'Malling 9', it appears that the optimum density for this rootstock is approximately 2960 trees per hectare with the "slender bell" system. With other training systems on 'Malling 9', that is, "free-standing", "oblique palmette" and "Van Roechoudt palmette" trees, they also produce their optimum yield per tree at high density. These densities are 2960 and 1480 trees per hectare for the "slender bell" and "oblique palmette" systems respectively, and 1480 and 740 trees per hectare for the "Van Roechoudt palmette" and "free-growing" systems.

In recent years, some of our apple growers have found that the new virus-free 'Malling 9' is too vigorous and not as productive as the older specimens which were subject to virus diseases. It has also been noted that, under our very humid climatic conditions, 'Malling 9' tends to form aerial root galls, known in English as burr knots; these galls interfere with normal sap circulation and leave the tree more vulnerable to cold and to certain diseases (Pl. II, fig d).

'Malling 26'

Created in 1929 at the East Malling Research Station in England by a cross between 'Malling 16' and 'Malling 9', 'Malling 26' was distributed for some time as number 3426. It is currently one of the most popular rootstocks sold in Canada. It has been tested at the Ottawa Research Station and is still being tested at the Saint-Jean Research Station in Québec, the Smithfield, Vineland, Harrow, Simcoe and Guelph Research Stations in Ontario and the Kentville Station in Nova Scotia (Granger

et al, 1974).

At Vineland, Ontario, 'Malling 26' has produced an average of two bushels from the 5th to the 10th season. At Frelighsburg, with 'Spartan' and 'McIntosh' cultivars, its early yield has been superior to that of 'Malling 9' and it has been ranked second (Table 2). It should be noted that 'Malling 26' is more compatible with the 'McIntosh' cultivar than is 'Malling 9' (Table 3).

TABLE 3 Average production (kg/ha) of 4th-year dwarf and semi-dwarf apple trees, Frelighsburg 1979

Rootstock	Cultivar	
	'Spartan'	'McIntosh'
Ott 3	8972 a	8691 a
M 9	6564 b	2552 d
M 26	5206 c	4186 c
M 7	3298 d	4855 b

a Non-significant difference (at the 5 % level) from data followed by the same letter.

When cultivated in suitable soil, that is, good, well-drained, gravelly soil with good water retention, 'Malling 26' produced heavier vegetative growth than 'Malling 9'. In our experimental plots, however, 'Malling 26' has produced heavier vegetative growth than 'Malling 9', thus necessitating more extensive pruning (Table 4).

TABLE 4 Average trunk diameter of 4th-year dwarf and semi-dwarf apple trees, Frelighsburg 1979

Rootstock	Density in trees/ha			Average
	2960	1480	740	
M 7	4.00 a	4.32 a	4.49 a	4.27 a
M 26	3.85 ab	3.84 b	4.44 a	4.04 ab
Ott 3	3.65 b	3.87 b	3.94 b	3.82 b
M 9	2.83 c	2.99 c	3.01 c	2.94 c

a Non-significant difference (at the 5 % level) from data followed by the same letter.

Of the dwarf-type rootstocks, 'M 26' has produced the highest proportion of large fruit, as reflected by average apple weight (Table 5).

TABLE 5 Average weight (g/fruit) of fruit from 4th-year dwarf and semi-dwarf apple trees, Frelighsburg 1979

Rootstock	Density in trees/ha			Average
	2960	1480	740	
M 7	154c	166 a	160 b	161 a
M 26	159 a	160 b	161 a	159 b
M 9	156 b	155 c	140 c	151 c
Ott 3	143 d	149 d	160 b	150 d

a Non-significant difference (at the 5% level) from data followed by the same letter.

In our climate, 'Malling 26' has proven much hardier than 'Malling 9' (Rousselle *et al*, 1976). Introduced to our region ten years ago, this rootstock has not yet been affected by the cold. According to reports from the Ottawa Research Station, 'M 26' is more sensitive to cold than '*Malus robusta* 5' but in Minnesota these two rootstocks have been found

to be equally hardy (Watkins, 1968; Granger *et al*, 1974).

In Québec, 'Malling 26' has been shown to be sensitive to bacterial fire blight (*Erwinia amylovora* Burr. Winsl. *et al*), although, after grafting, this disease rarely affects the rootstock itself. The major problem observed with 'Malling 26' in Québec involves its strong tendency to develop aerial root galls or burr knots (Pl. II, fig d). To counter this tendency, the exposed portion of 'Malling 26' may be brushed with a 1 % solution of naphthaleneacetic acid (NAA). This solution may be mixed with a small quantity of white Latex-type paint. It is important to treat the galls as soon as they appear, or they will form large patches which will interfere with the circulation of the sap. It is also totally inadvisable to use poorly perforated mouse guards around the trunks, since they help to keep the crown and aerial base of the tree in an atmosphere of constant humidity, which promotes the formation of these galls. It is also important to eliminate tall grass or weeds near the apple trees, since these too maintain a high percentage of humidity at the foot of the trees. If it is necessary to use protectors against field voles, it is therefore wise to use those which are made of wire netting. Finally, it should be noted that Malling 26 performs very poorly in soil which is too light or too dry. In such cases, irrigation is advisable.

'Ottawa 3'

Created at the Ottawa Research Station, this new rootstock is the result of a cross between 'Robin' and 'Malling 9' (1956). From 1967 to 1973, it was tested at Ottawa and at Smithfield, Ontario. Multiplied and assessed at the Frelighsburg sub-station since that time, it has been distributed to a number of nurseries across Canada to meet the growing demand from apple growers.

'McIntosh' and 'Quinte' cultivars grafted onto 'Ottawa 3' since 1967 have remained dwarf trees, slightly smaller than on 'Malling 26' but somewhat

larger than on 'Malling 9'. At maturity, a 'McIntosh' apple tree on 'Ottawa 3' can be maintained at a height of slightly less than three metres; the fruit is therefore very easy to pick (Granger *et al.*, 1974).

'Ottawa 3' has proven very hardy, comparing favourably to '*Malus robusta* 5'. In the eastern part of the country, apple tree survival, under unfavourable climatic conditions, has sometimes been ensured by the hardiness of their rootstocks. These conditions may still prevail. It is therefore important to use hardy rootstocks wherever possible.

'Ottawa 3' has provided very good yields, considering the small size of the trees it produces. For instance, two-year-old 'Quinte' and 'McIntosh' trees on 'Ottawa 3', planted in 1967 at Ottawa, began to bear in 1970 (4th season), producing an average yield of 5.45 kg per tree and reaching 18 kg in 1972 and 1973 (6th and 7th seasons). Yields from apple trees grafted onto 'Ottawa 3' have thus proven superior to those from apple trees on 'Malling 26'. In addition, 'Ottawa 3' has produced 'McIntosh' and 'Quinte' apples somewhat earlier than 'Malling 26', but the quality of the fruit produced on both rootstocks has been excellent. At the Frelighsburg sub-station, the results obtained with 'Ottawa 3' have been similar to those cited above. However, with the training systems most appropriate to it, 'Ottawa 3' has shown better performance at Frelighsburg than at Ottawa. In fact, table 2 shows that with 'McIntosh' and 'Spartan' cultivars and trees trained to the four methods mentioned at the beginning of this article, 'Ottawa 3' is easily the best rootstock for producing high, early yields of quality fruit.

The training system which appears best suited to 'Ottawa 3' is the "slender bell" (Tables 6 and 7).

TABLE 6 Average production (kg/ha) of dwarf and semi-dwarf 'Spartan' apple trees with "slender bell" (1) and "oblique palmette" (2) training systems, 4th season, Frelighsburg 1979

Rootstock	Density trees/ha				Average	
	2960		1480		(1)	(2)
	(1)	(2)	(1)	(2)		
Ott 3	15170 a	13287 a	11350 a	7625 a	13260 a	10458 a
M 9	15537 a	9048 b	7448 b	3643 c	11493 b	6346 b
M 26	8962 b	6029 c	5347 c	5260 b	7155 c	5645 c
M 7	6621 c	7790 d	3825 d	1370 d	5223 d	4580 d

a Non-significant difference (at the 5 % level) from data followed by the same letter.

TABLE 7 Average production (kg/ha) of dwarf and semi-dwarf 'Spartan' apple trees with "free-standing" (1) and "Van Roehoudt palmette" (2) training systems, 4th season, Frelighsburg 1979

Rootstock	Density trees/ha				Average	
	1480		740		(1)	(2)
	(1)	(2)	(1)	(2)		
Ott 3	8242 a	7807 a	3280 a	5019 a	5761 a	6413 a
M 9	7886 b	3520 c	3125 a	2309 b	5505 a	2915 b
M 26	4141 c	4590 b	5820 b	1498 c	4980 b	3044 b
M 7	3224 d	1361 d	1580 c	598 d	2411 c	978 c

a Non-significant difference (at the 5 % level) from data followed by the same letter.

With this training system, however, and high-density planting, the 'Spartan' cultivar on 'Ottawa 3' has not proven to be significantly superior to 'Malling 9'. At this density, 'Spartan' fruit on 'Ottawa 3' has tended to be small, thus reducing the weight of the crop. The training system least suited to the 'Spartan' cultivar on 'Ottawa 3' is that of the unsupported "free-standing" tree (Tables 6 and 7). This indicates that an apple tree comprised of the 'Ottawa 3' rootstock needs

a stake or some form of support. Measurements of the trees on our Frelighsburg plots confirm the above observations, that 'Ottawa 3' gives the apple tree a degree of vigour between that of 'Malling 9' and 'Malling 26' (Table 4). It should be noted that too high a density (regardless of the training system adopted) is likely to reduce the vigour of apple trees on 'Ottawa 3' (Table 4). In general, medium densities (all training systems combined) allow 'Ottawa 3' to achieve its optimum physiological equilibrium. It attains its maximum performance, that is, each individual tree produces its heaviest yield, with the "slender bell" training system and medium density (1480 trees per hectare). However, the highest yields per hectare were obtained when 'Spartan'/'Ottawa 3' trees were planted at high density, even though, under these conditions, the average yield per tree was lower (Tables 6 and 7). 'Ottawa 3' also appears to be as good a rootstock for the 'McIntosh' cultivar as for the 'Spartan' cultivar, whereas both 'Malling 26' and 'Malling 9' proved less satisfactory as rootstocks for 'McIntosh' than for 'Spartan' (Table 3). However, without irrigation and chemical thinning, 'McIntosh'/'Ottawa 3' and 'Spartan'/'Ottawa 3' trees tend to produce rather small apples (Table 5).

Used as an 8 to 10 inch interstock on the *Malus robusta* 5 rootstock, 'Ottawa 3' has given excellent early yields at Ottawa and at Frelighsburg. 'McIntosh' and 'Quinte' cultivars grafted in this way have given approximately twice the yield per tree of the same cultivars grafted directly onto 'Ottawa 3' roots. 'Ottawa 3' has proven superior to 'Malling 26' when used as an interstock on '*Malus robusta* 5'.

To date, 'Ottawa 3' does not appear to be overly sensitive to virus diseases. In certain cases, however, scions, including those of non-indexed 'Jerseymac' and 'Macspur', have transmitted virus diseases to it, with symptoms appearing at the graft point in the form of brown streaks below the bark. Trees thus affected will die within a relatively short time. In addition, in the nursery, this clone is extremely sensitive to powdery mildew and the woolly aphid.

These disadvantages would be more or less negligible in the orchard, but apple growers and nurserymen should nonetheless be advised to graft onto 'Ottawa 3' only those scions which have been indexed for the principal virus diseases.

Multiplication of 'Ottawa 3' from stool bed layering is very difficult, but relatively easy from root cuttings. Root cuttings of 'Ottawa 3' kept in the greenhouse from February to May at the Saint-Jean Research Station showed rooting rates of 600 and 850 per 1000 in 1972 and 1973 respectively. When propagated by means of soft wood cuttings, this clone showed a rooting rate of from 62 to 65 % from 1969 to 1974. This percentage is lower than that obtained with *Malus robusta* 5 but higher than that obtained with 'Malling 7'.

'Malling 7'

This rootstock, known in France and England since the seventeenth century, was reselected in 1959 by England's East Malling Research Station (Tukey, 1964). It is the only rootstock currently available on a world-wide basis which produces a semi-dwarf apple tree.

'Malling 7', as one of the oldest rootstocks in use by apple growers, is considered one of the safest in North America because it has performed well under a multitude of soil and climate conditions. In Massachusetts and in Michigan, it still plays a major role in new plantings. No supports are used, and the trees receive minimum maintenance. 'Malling 7' is precisely the rootstock which can nevertheless perform profitably under these conditions (Lord and Costante, 1977). With 'Malling 7' as the rootstock, unsupported trees given practically no pruning and allowed to grow with no particular care in poorly drained, weedy soil have performed well since 1957 at Frelighsburg (Granger, 1972). In their 9th and 10th seasons, Melba, McIntosh and Bancroft cultivars on 'Malling 7' have had low yields of from 20 304 to 38 394 kg/ha (average for the two years and three cultivars combined) but the fruit was of excellent quality.

At low density, per-hectare yields of apple trees grafted onto '*Malus robusta* 5' have been slightly higher than those of trees grafted onto 'Malling 7', at 18 770 as opposed to 18 246 kg/ha. However, at maximum density, the yields of cultivars on 'Malling 7' have been superior to those of cultivars on '*Malus robusta* 5', the difference being in the range of 1 778 kg/ha in favour of 'Malling 7' for the 9th and 10th seasons combined. More recent observations at the Frelighsburg sub-station have shown that, of the 4 rootstocks tested, 'Malling 7' has produced the lowest yields at both high and low density, except with 'McIntosh', which, when grafted onto 'Malling 7', produced more apples than when grafted onto 'Malling 9' or 'Malling 26' (Tables 2 and 3). 'Malling 7' thus appears to be better adapted to 'McIntosh' than 'Malling 9' or 'Malling 26' (Table 3). We have observed that the training system best suited to 'Malling 7' is the "slender bell" and that, even with this rootstock, it is important to support the trees; otherwise, yields decline (Tables 6 and 7). Finally, 'Malling 7' has proven more vigorous than the other four rootstocks and has produced the largest fruit (Tables 4 and 5).

Malling 7 has a taproot system, rather than a running root system as is the case with the other three rootstocks discussed. As a result, it may, at least under certain conditions (partial freezing of its roots, etc.), suffer from a potassium deficiency. In addition, it has a strong tendency to produce suckers and it has proven very sensitive to crown gall (*Agrobacterium tumefaciens*) (Pl. III, fig h). While the use of this rootstock may seem to be an easy solution to many apple growers in Québec in view of observations in Massachusetts and elsewhere, a word of warning is necessary; certainly 'Malling 7' is a reliable rootstock for the apple grower who wishes to obtain small or medium yields with minimum effort. However, 'Malling 7' is totally inadvisable for those who wish to obtain volume and quality, or, in other words, to achieve maximum profit from their operations. Tests performed at Vineland, Smithfield, Saint-Jean and Ottawa show the relatively low productivity of Malling 7 (Hutchinson, 1964).

Pear rootstocks

The most popular rootstock for pear in Québec is still the 'Bartlett' ('Williams') seedling. Although it is fairly slow to come into bearing and relatively sensitive to bacterial fire blight (*Erwinia amylovora* Burr. Winsl. *et al*). This type of rootstock has proven hardier and more vigorous than certain quinces which are not adapted to our climate, particularly quince C. However, *Pyrus Ussuriensis* has been a good reliable and cold hardy rootstock in the province of Québec.

The Angers quince, which is considered relatively hardy in Ontario and at the Geneva, NY research station (Lapins, 1963), has received only limited testing in Québec. 'Bartlett' seedlings have proven compatible with Québec's most popular cultivars, 'Flemish Beauty', 'Clapp's Favourite', 'Anjou', 'Bosc' and 'Bartlett' (Pl. III, figs. b, c, d). The latter, because it is not a hardy variety, has not been profitable in Québec.

Since 1972, we have been testing native hawthorn seedlings (*Crataegus* L.) at Frelighsburg in an attempt to produce earlier-bearing dwarf pear trees. We have found the life expectancy of pear scions on hawthorns to be extremely short. In general, a combination of this kind lasts only about five or six years. We then began testing interstocks of 'Old Home' on *Crataegus* roots. According to results obtained in Oregon, this combination should produce a certain degree of resistance to bacterial fire blight (*Erwinia amylovora* Burr. Winsl. *et al*), earlier fruiting and moderate dwarfism. Unfortunately, the rooting rate for trees with these double grafts has been only 25%; however, those specimens which took root have performed well, have begun to bear early and have developed into semi-dwarf pear trees. The best combination has been the scion on 'Old Home' on seedling stock. As a result of these tests, some of our nurseries have begun to use 'Old Home' as interstocks on seedlings. Preliminary trials have indicated that 'Harbin' and 'Luscious' could be possibly used as rootstocks for pear in Québec. We have not yet tested any of the

Russian or German rootstocks, such as the 'Melitopolskaya' and 'Severnaya' quince, and the 'Pillnitz' #1, 3 and 5 quince selections or 'Pillnitz' clones (*Pyrus betulifolia*), which are recognized as relatively dwarfing and cold-hardy.

Plum rootstocks

For over half a century, the rootstocks most commonly used in Québec for plums have been native plum seedlings (*Prunus americana*) and East Malling's 'Myrobolan B'. With these rootstocks, plum trees are planted at a density of approximately 450 trees per hectare. At the La Pocatière and Frelighsburg sub-stations, we have planted plum trees grafted onto 'Brompton' rootstocks at a density of 840 trees per hectare. This experiment, begun in 1977, involves more than 30 plum cultivars on this rootstock; these trees have begun to bear but it is still too early to assess the results obtained.

At the Ottawa, Vineland and Geneva research stations, tests have dealt with the dwarfing effect of sand cherry seedlings ('*Prunus besseyi*') used as rootstocks (Blair, 1954; Hutchinson, 1964). Yields have proven acceptable, the fruit has matured from 7 to 10 days earlier and quality has been excellent. However, the trees have required solid supports and it appears that 'Damson'-type scions are incompatible with these rootstocks. At the Frelighsburg sub-station, we have grafted plum trees onto '*Prunus tomentosa*' but the survival rate was only 15 %. These trees were approximately half the size of standard trees and could have been planted at densities in excess of 1 500 trees per hectare.

Sweet and sour cherry rootstocks

The commonest rootstocks for sour cherry cultivars in Québec are 'Mazzard' and 'Mahaleb' seedlings and the 'Mazzard F12' clone. While 'Mahaleb' seedlings are slightly dwarfing for such sour cherry cultivars as 'Montmorency', 'Northstar' and 'Meteor', they still produce trees which

are rarely smaller than 50 % to 75 % the size of standard trees. Lapins (1963) reports that an interstock of the wild red cherry ('*Prunus pensylvanica*') on a 'Mazzard' root has a strong dwarfing effect and is compatible with the principal commercial sour cherries. At the Frelighsburg sub-station, we have performed a number of tests with wild red cherry seedlings which have always appeared to be compatible with scions of commercial sour cherries. However, it is still too early to evaluate the results obtained. Since we have not yet tested the English dwarfing rootstock 'Colt', we have no rootstocks which really allow us to plant sweet and sour cherry trees (for amateur gardeners) at high densities in Québec.

Economic aspects

Although it is still too early in Québec to be able to evaluate the profitability of various forms of fruit trees cultivated at given densities, the preliminary results obtained in our experimental plots and by avant-garde producers show promising results. Moreover, Fisher (1969) in British Columbia, Norton (1971) in the State of New York and Hutchinson (1976) and Miller (1976) in Ontario have reported that, even in America, high-density orchards were more profitable than conventional orchards. Of course, according to the same researchers, excessively dense plantings are no more profitable than those which are not dense enough.

For apple trees, the results from our experimental plots at Frelighsburg show that for the year 1979 (4th season) the "slender bell" training system with high-density planting was the most profitable combination (profit of 2 042,50 \$ per hectare). It was followed by the "oblique palmette" system at high density (profit 1 457 \$ per hectare). It is difficult to predict, from the data currently available to us, when our apple trees will reach the break-even point. We anticipate that, as the rate they are progressing and with the best possible combination, that is, 'McIntosh' or 'Spartan' on 'Ottawa 3', planted at high density with the slender bell system, by the 6 th season we shall completely cancel out

the initial debt of 16 342 \$ per hectare which it cost to establish and maintain this system to 1979. In short, production from these trees will have to rise from 9220 kg/ha to approximately 40 000 kg/ha in 1981. Certainly, the free-growing trees have been the cheapest to establish and maintain, but it does not appear that they will be the most profitable. Some apple growers using the "slender bell" system and high-density planting have informed us that their apple trees have reached the break-even point in their 6th season. Some, according to our crop estimates, have produced, with their fifth - and sixth-season dwarf apple trees, between 30 000 and 45 000 kg/ha from "slender-bell" 'Spartan', 'McIntosh', 'Lobo' and 'Red Delicious' cultivars planted at 2 000 to 3 000 trees per hectare. At this rate, if it is true that the Québec apple grower must produce 20 000 bushels of apples in 1980 in order to earn a satisfactory income, he would need only 20 acres (8.1 hectares) of "slender bell" apple trees planted at high density to earn such an income by the 6 th or 7th season.

As regards Québec's production of pears, plums and cherries, our production volume has been so low, at least in recent decades, that statistical surveys do not even mention these crops. However, in 1976, per capita consumption in Québec was 7.2 lbs of pears, 2.2 lbs of plums and 1.9 lbs of cherries (sweet and sour), as compared to 41 lbs of apples. Our market could thus absorb a good volume of locally produced pears, plums and cherries, provided the fruit is of satisfactory quality.

Under our climatic conditions, the pear cultivars which could supply the local market with fruit which is competitive in terms of production and quality (Pl. III, figs.b, c and d) are 'Clapp's Favourite', 'Flemish Beauty', 'Beurrée d'Anjou' and 'Miney'. While 'Bartlett' is a better known cultivar in this province, it is a much more uncertain crop since the tree is sensitive to freezing and to bacterial fire blight.

As regards plums, the hardy cultivars most likely to find buyers on the local market are 'Mount Royal', 'Reine Claude de Montmorency' and

'Damas Bleue'. Many other cultivars could become commercially acceptable since they have produced good yields and quality fruit in Québec (Pl. III, figs. e, f and g). A bulletin on plum growing in Québec is currently being prepared at the Saint-Jean Research Station; it will contain further information on this subject.

We are still far from commercial production of sweet and sour cherries since these crops, particularly sweet cherries, are very marginal. However, the production of sour cherries could be intensified in the Lower St Lawrence and even in other areas where it currently exists in an embryonic state and where 'Montmorency', 'Meteor' and 'North Star' cultivars have proven to be well adapted (Pl. III, fig. a). Since competition in the area of sour cherry production in North America is very strong, a serious study of the potential market for this fruit in Québec is essential before we recommend the establishment of commercial orchards.

Appendix

Questions and answers on slides shown at the Amarc pavillon August 21, 1980

Q. In the apple cultivars used in Québec, what type of fruiting habits do we encounter ?

A. The fruiting habits which we find are:

- a) Type I Spur types (Pl. I, figs. a and b)
- b) Type II 'McIntosh' and 'Spartan' types (Pl. I, figs. c and d)
- c) Type III 'Empire' and 'Golden Delicious' types (Pl. I, fig. e)
- d) Type IV 'Cortland' and 'Red Haralson' types (Pl. I, figs. f and g)

These types correspond more or less to those described by Mr. Lespinasse. Because of the way in which the fruit spurs are arranged in the branches of each type of tree, they require four different types of orchard management (pruning and training).

Q. In Québec, is it more important to drain orchard soils for dwarf apple trees than for standard size trees ?

A. Because of the heavy precipitation in the form of snow and rain, it is absolutely essential to provide good drainage for orchard soils in Québec and particularly for dwarf apple trees, since with these trees the damage potential from successive freezing and thawing of the roots of the tree is a much greater problem when the soil is waterlogged. Since dwarf apple trees have a relatively shallow and undeveloped root system, they are often more subject to root asphyxiation as a result of excess surface water (Pl. II, fig. a).

Q. Is it necessary to irrigate dwarf apple trees ?

A. Apple orchards in Québec receive heavy precipitation each year but unfortunately this precipitation is not uniformly distributed. As a result, in the great majority of cases, irrigation is necessary, at

least during the first few years; the root system of young apple trees is undeveloped and incapable of locating the soil water reserves, which, during dry periods, may be fairly deep. It is important to note that the physiological balance of a dwarf apple tree is much easier to maintain when irrigation is used, and therefore the trees bear sooner and more heavily. In addition, some new cultivars, such as 'Spartan', 'Empire' and 'Red Haralson', require the use of an irrigation system if they are to produce large fruit (Pl. II, fig.b).

Q. Should we avoid planting dwarf apple trees because, in our climate, the branches of the young trees are often cracked or broken by ice, snow and freezing rain ?

A. Certainly branch damage by ice, snow and freezing rain is a problem in Québec but, in general, it is not very extensive. Then too, even standard apple trees, when they are young, can be damaged by ice, snow and freezing rain. To avoid this difficulty, it is a good idea to use good supports or a strong bracing system. Trees with little or no support are much more seriously affected by this kind of mechanical damage. A careful apple grower, when a thaw occurs during the winter, will clear any soft snow from the branches of the apple trees. Once this snow has hardened, it is impossible to free the branches. In addition, when the melting snow freezes, it puts a great deal of pressure on the branches at the crotch. Another phenomenon may also occur in the spring when the snow melts, leaving an empty space below the layer of ice which surrounds the branches of the apple tree. When this happens, the weight of the ice, which does not melt as quickly as the snow, may cause the branches to bend and crack (Pl. II, fig.e).

Q. Is damage caused by field voles and deer more of a problem with dwarf apple trees ?

A. Given the high density and small size of apple trees in new plantings, they are certainly much more vulnerable to damage from these two pests. It is therefore important to protect the apple trees from them.

Q. Are dwarf apple trees more sensitive to bacterial fire blight than standard size apple trees ?

A. Bacterial fire blight is no more of a problem with dwarf apple trees than with standard trees so long as nitrate the fertilizers are not used to excess, extremely sensitive cultivars are avoided ('Yellow Transparent', 'St Lawrence', etc) and sources of contamination are eliminated. Bacterial fire blight can be spread from one source of infection by summer pruning, which is used on dwarf apple trees as well as standard size apple trees.

Q. Is plum growing feasible in Québec despite the diseases which affect this crop ?

A. Despite the presence of black knot (*Dibotryon morbosum*), crown gall (*Agrobacterium tumefaciens*) and various virus diseases, plum growing is possible in Québec. Precautions can now be taken against these diseases. A bulletin currently being prepared at the Saint-Jean Research Station deals with plum growing in Québec and with methods of controlling these diseases.

Q. How can you prevent scion-rooting with a dwarfing rootstock ?

A. Scion-rooting, that is, the formation of roots from the scion, can be avoided when planting the apple tree by placing the zone of the graft at least 10 centimetres above ground level (Pl. II, fig.c). If the graft point is accidentally placed below ground level and roots have begun to develop, these roots must be cut as soon as possible and the graft area completely exposed. If they are not removed, the scion roots will completely kill the dwarfing rootstock within one or two years (Pl. II, fig.c).

Q. Is weeding important around a dwarf apple tree ?

A. In our experimental plots at Frelighsburg, we have observed that where weeds have been allowed to grow near the trunks of young apple trees, they have developed very poorly and have not even begun to fruit by their fourth season. However, in the same experimental plots where we have completely cleared the soil by means of chemical weed treatments, for the entire growing season or for part of it, that is, until mid-August, the development of the trees in both cases has been 2 to 3 times better than that of the unweeded apple trees and production has ranged from 5 to 12 kilograms of fruit per tree for 'McIntosh', 'Jerseymac' and 'Red Delicious' cultivars.

Q. Is there any way of eliminating burr knots on certain apple rootstocks ?

A. There has been relatively little research in this area. However, Dr. C.G. Forshey and Mr. F. McNicholas, in eastern New York State, have found that applications of 1 % naphthaleneacetic acid (NAA) have prevented the development of burr knots on 'M 26' rootstocks (Pl. II, fig.d). More details on burr knots were given previously in the section dealing with 'Malling 26'.

Q. Is the south west injury a problem with young dwarf apple trees in Québec ?

A. The south west injury or 'sunscald' is often a very serious problem with young apple trees in Québec. To prevent this difficulty, we advise placing the supports on the southwest side of the tree during planting, or painting the trunk of the apple tree with a mixture of exterior white latex-type paint diluted with 2 quarts of water per gallon, to which 2 lbs of Thiram (75 % WP) in the form of absorbent powder have been added. The Thiram acts as a repellent against field mice (field voles).

Q. What are the most common deficiencies affecting young dwarf apple trees in Québec ?

- A. The south west injury or 'sunscald' is often a very serious problem with young apple trees in Québec. To prevent this difficulty, we advise placing the supports on the southwest side of the tree during planting, or painting the trunk of the apple tree with a mixture of exterior white latex-type paint diluted with 2 quarts of water per gallon, to which 2 lbs of Thiram (75 % WP) in the form of absorbent powder have been added. The Thiram acts as a repellent against field mice (field voles).
- Q. What are the most common deficiencies affecting young dwarf apple trees in Québec ?
- A. In Québec, magnesium and boron deficiencies are very common (Pl. II, Figs. h, i). Occasionally there is a calcium deficiency. Consult the Guide de la culture du pommier au Québec (Guide to apple growing in Québec) for more information on this subject (Publication 333, Québec Department of Agriculture Agdex 211/20).
- Q. Should you use a windbreak to protect new plantings of dwarf apple trees in Québec ?
- A. The use of a windbreak is essential in Québec apple orchards. The windbreak should be on the west side of the orchard, towards the prevailing wind. However, apple trees should not be planted too close to the windbreak where the snow which accumulates during our winters will soon break the branches of the apple trees. A good windbreak could be composed of a row of deciduous trees and a row of evergreens planted behind them in a staggered arrangement.

References

- 1 ANON. 1978. Coup d'oeil sur l'agro-alimentaire (Survey of food crops). Agriculture Québec. Service des études économiques, 334 pp, Fruits p. 258.
- 2 BLAIR, D.S. 1954. Plums for cold areas of Eastern Canada. Can Dep Agr Pub 849, 14 pp.
- 3 DAVIS, M.B; D.S.Blair and H.B.Cannon. 1934-1948. Canada Dept Agr Div Hort Progr Rept, pp 5-14.
- 4 FISHER, D.V. 1969. Capitalization at the break-even point for a high density and low density apple orchard. Report of the C D A Res Stn, Summerland, B C.
- 5 GARON, J., and F.Ouellet. 1978. Réorientation de l'Industrie Pomicole au Québec (Reorientation of the apple growing industry in Québec). Programme Agricole 03, Élément 02, Service des productions végétales. Agriculture Québec, 2 pp.
- 6 GRANGER, R.L. 1972. Hints on the use of apple rootstocks. Meeting on Apple Orchard Management (held in Ottawa in November).
- 7 GRANGER, R.L. 1977. Problems and progress with high density apple orchards in Québec, p 21 in Hort Res Inst of Ont, Vineland Station, Report on workshop on Apple Management, August 17-19, 73 pp.
- 8 GRANGER, R.L; G.Rousselle and M.Lareau. 1974. L'Ottawa 3, le Malling 9 et le Malling 26 en tant que porte-greffes et tiges intermédiaires de pommier (Ottawa 3, Malling 9 and Malling 26 as rootstocks and interstocks in apple trees). Québec Horticole, pp 12-16.
- 9 HUTCHINSON, A. 1964. Rootstocks for tree fruits. Hort Exp Stn, Vineland, Ont. Dept of Agr Pub 334, 18 pp.
- 10 HUTCHINSON, A., and E.Andersen. 1976. Compact apple orchard experiments, management, costs and returns the first 5 years. Paper given at the International Dwarf Fruit Tree Association, Michigan.
- 11 LAPINS, K. 1963. Cold hardiness of rootstocks and framebuilders for tree fruits. Res Stn Summerland.
- 12 LORD, W.J., and J.Costante. 1977. Establishment and management of compact apple trees. Coop Ext Service, Univ of Mass. USPA and County Ext Serv Coop, 32 pp.
- 13 MARGOLIN, A.F. 1951. Dwarf apple trees in the Moscow region (in Russian). Sad i Ogorod 12: 5-7 1950. Plant Breeding abstracts 21: 1364.

- 14 MILLER, S.R. 1976. Economics involved in apple bed plantings. Report of the Smithfield, Ontario Research Station, 14 pp.
- 15 NORTON, R.L. 1971. What you must know about high density plantings. Go from red to black. July issue of the Am Fruit Grower, pp 10-14.
- 16 ROUSSELLE, G.L.; R.L. Granger; C.N. Fortin and S. Riendeau. 1975-76. Résumé des recherches en cultures fruitières - Station de Recherches de Saint-Jean (Summary of research on fruit growing - Saint-Jean Research Station). Vols 4 and 5, p 33.
- 17 SMIRNOV, V.F. 1960. Cultivation of dwarf fruit trees (in Russian). Gos Izd Selskokhoz Liter, Moscow, 4th ed.
- 18 TAPER, C.D. 1979. Personal communication. Re: progress report on the performance of dwarf and semi-dwarf apple trees at Macdonald College.
- 19 TUKEY, H.B. 1964. Dwarfed Fruit Trees. Mich State University. The Macmillan Co, New York. Textbook, 562 pp.
- 20 TUKEY, R.L. 1971. Proc BC Fruit Growers Association. Hort Forum, 35 pp.
- 21 WATKINS, R. 1968. Summary of results on some of the most promising Ottawal clonal apple rootstocks with Malling and Malling Merton rootstocks for comparison, Report of Jan 11.



**Production commerciale
de plants fraisiers issus
de culture de méristèmes
et de micropropagation**

Philippe Boxus

Station de cultures fruitières et maraîchères
Chaussée de Charleroi
Gembloux, Belgique



Résumé

Les parasites graves qui contaminent nos fraiseraies sans que nous disposions de moyens pratiques aptes à les éliminer au champ sont nombreux: maladies à virus, nématodes, tarsonèmes et champignons du sol, tels que Phytophthora cactorum, Ph. fragariae, Verticillium.

La thermothérapie, ou traitement des plantes par la chaleur, 38° C, pendant 3 à 5 semaines, a permis l'élimination de certaines viroses, mais était inefficace pour les autres parasites. De plus, se posait le problème des souches thermorésistantes, ainsi que certains cas de résurgence du virus, quelques mois après le traitement et la guérison apparente.

La culture de méristèmes, par contre, s'est avérée très efficace non seulement contre les viroses, mais aussi contre les trachéomycoses, nématodes... Sur 139 plantes virosées appartenant à plus de 30 cultivars différents, l'assainissement a été total et définitif. Les méristèmes excisés étaient très petits (0,2 - 0,3 mm).

Après contrôle sanitaire, la souche assainie est multipliée stérilement au laboratoire, en vases d'un demi-litre qui contiendront de 60 à 100 plantules racinées, ou de 300 à 500 mini-bourgeons suivant les étapes de la multiplication. Ces vases, placés sous lumière artificielle (TL 40 W, Grolux) 16h/jour et à 24° C, contiennent plus ou moins 200 ml de milieu solidifié composé des éléments minéraux de Knop pour les macroéléments et des éléments de Murashige et Skoog pour les microéléments, les vitamines et les acides aminés. Pour favoriser le développement et la "prolifération" des bourgeons axillaires à la base des pétioles des feuilles formées, une cytokinine, la benzylaminopurine, est ajoutée au milieu à raison de 1 mg/l. Les nouveaux bourgeons formés donnent à leur tour naissance à d'autres bourgeons de rang inférieur, tandis que les racines sont inhibées par l'hormone. Ce processus peut se poursuivre indéfiniment à condition de diviser stérilement les touffes de bourgeons formés et de les replacer sur un milieu nutritif frais et enrichi. Le taux de multiplication est de

4 ou 5 par mois, soit plusieurs dizaines de millions par an. Lorsque le nombre de bourgeons obtenus correspond au nombre de plantules désirées, les bourgeons sont divisés une dernière fois et placés, stérilement sur le milieu décrit ci-dessus, exempt de BAP, mais enrichi de 0,05% de charbon actif. Dans ces conditions, et toujours sous lumière, les bourgeons donneront naissance en 4-5 semaines à des jeunes plantules racinées de ± 7 à 10 cm. Mises en terre, ces jeunes plantes exemptes de tous parasites connus donneront en 4-6 semaines des plantes aptes à être transplantées au champ.

Tout le processus de multiplication est extrêmement souple. En effet, grâce à l'usage de chambres froides obscures ($\pm 2^{\circ}\text{C}$), chaque stade de développement peut être arrêté et maintenu dans cet état sans perdre sa capacité de développement ultérieur. Les bourgeons en prolifération peuvent être maintenus tels, après plus d'un an de séjour au froid. Les plantules racinées peuvent être conservées de 4 à 6 mois, et pour certains cultivars bien davantage, en l'absence de lumière. Même les plantes arrachées des bocal et conservées en ambiance humide, peuvent être maintenues plusieurs semaines en attendant leur expédition. Les plants supportent facilement le transport, et ne présentent qu'un minimum d'encombrement, soit environ 15 kg, emballage compris, pour 40 000 plants. La culture en conditions stériles ne pose plus de problèmes grâce aux équipements actuels, flux laminaire stérile, bocal en verre sans étranglement. Chaque m^2 de la salle de culture permet la culture de 40 000 plantules par an. Plusieurs laboratoires industriels produisent en France, Italie, Espagne, des millions de plantes par cette méthode, avec l'aide technique de notre Station.

Le comportement des plants au champ montre une très grande homogénéité du matériel produit.

La production de stolons est augmentée de 40% au minimum. La production de fruits est augmentée si on la compare avec des plants du commerce, mais elle ne l'est pas si on la compare avec des plants sains d'origine

classique. Mais ce dernier point est assez difficile à réaliser et reste aléatoire. Les derniers résultats de production de fruits seront présentés et commentés.

Les demandes en plants fraisiers sont aujourd'hui de plus en plus importantes. C'est là le résultat d'une culture toujours en progression, et d'une généralisation des techniques de culture nouvelles. La culture annuelle s'est implantée, afin de sauvegarder les tonnages, en même temps qu'un calibre correct et une qualité commerciale satisfaisante. Ces objectifs ne pouvaient évidemment être atteints qu'avec un plant de qualité sanitaire parfaite, fourni à bonne époque.

Les techniques de culture in vitro apportent une solution efficace à ce problème. La culture de méristèmes permet l'élimination des parasites, non ou peu curables par voie chimique, accumulés au cours des cultures successives. La multiplication in vitro, ou micropropagation, assure une multiplication rapide en conditions aseptiques, et fournit donc un plant rigoureusement sain.

En Europe, la plus grande partie des plants fraisiers du commerce est issue des laboratoires de culture in vitro. Une technique patentée, mise au point à la Station des Cultures fruitière et maraîchère de Gembloux, a largement contribué à la diffusion de ce type de plants et à l'industrialisation du procédé (BOXUS 1974, 1976; BOXUS, QUOIRIN et LAINE 1977).

1. LES PRINCIPAUX PARASITES

1.1 Les viroses et mycoplasmoses

Comme toutes les plantes pérennes à multiplication végétative, le

fraisier est fréquemment contaminé par des viroses ou des mycoplasmoses. La littérature nous indique qu'elles sont nombreuses et diverses. AERTS, en 1974, signalait l'existence de 54 viroses et 8 mycoplasmoses sur fraisier. La plupart étaient épidémiques et transmises par les aphides, les nématodes ou les cicadelles. Ces maladies, autrefois appelées maladies de dégénérescence, peuvent provoquer de fortes chutes de rendement, surtout lorsqu'elles sont en présence de complexes. AERTS (1974,b) a observé des chutes de rendement en fruits de 20 à 80% suivant les cultivars, dans le cas d'un complexe comprenant le "strawberry mild yellow edge virus". Ce même complexe provoquait en pépinière une diminution d'environ 50% des stolons chez le cultivar Gorella (AERTS 1976).

1.2 Les champignons-parasites du sol

Bien qu'aujourd'hui certains fongicides du commerce paraissent efficaces par pulvérisation ou arrosage contre les champignons parasites du sol, ceux-ci n'en restent pas moins difficiles à contrôler au champ, qu'il s'agisse du "Red Core" dû à Phytophthora fragariae, ou du flétrissement dû au Phytophthora cactorum ou Verticillium. Ces maladies graves font très souvent l'objet d'infections latentes dont l'extériorisation n'interviendra que dans des circonstances physiologiques particulières du fraisier.

1.3 Les parasites animaux

Les nématodes des feuilles et des tiges, ainsi que les tarsonèmes peuvent causer des dégâts importants dans les fraiseraies établies avec du plant non contrôlé. La lutte chimique reste difficile et peu efficace. De plus, la législation de beaucoup de pays interdit l'usage de ces pesticides sur des plantes comestibles.

1.4 Les méthodes de lutte

La lutte chimique reste souvent difficile et dangereuse. Aussi, la lutte contre ces parasites est-elle avant tout préventive. Il conviendra de partir de plants sains, multipliés en bonne condition

d'isolement, recevant les traitements phytosanitaires classiques, sur terrains drainés. MOLOT et NOURRISSEAU (1978), spécialistes français du Ph. cactorum, préconisent des mesures prophylactiques sévères, par exemple la désinfection du sol au cours de la première multiplication, afin de maintenir un haut niveau phytosanitaire au plant issu de méristème. Ils ont en effet constaté, dans des conditions de culture normale, une recontamination d'environ 30% des plantes par Ph. cactorum.

La thermothérapie consiste à maintenir les plants à 38° C pendant plusieurs semaines. Cette technique pratiquée auparavant pour éliminer des maladies à virus n'est plus utilisée actuellement sur fraisier. Elle donnait des taux de guérison faibles et souvent la guérison n'était qu'apparente, la maladie réapparaissant quelques mois après le traitement. Par ailleurs, elle n'était pas efficace pour l'élimination des maladies du sol ou des souches de virus thermostables.

La thermothérapie est aujourd'hui remplacée par la culture de méristèmes.

2. LA CULTURE DE MÉRISTÈMES

Les méristèmes sont excisés sur des jeunes pointes de stolons, prélevées sur des pieds mères sélectionnés visuellement. Après désinfection par un bref bain de 2 minutes dans l'alcool à 94°, les pointes de stolons sont passées pendant 15 minutes dans une solution d'hypochlorite de calcium à 4,5%, avant d'être transférées dans un bain de rinçage fait d'eau stérile. Les stolons sont disséqués aseptiquement sous la loupe binoculaire pour prélever le massif méristématique. Les explantats ont de 0,1-0,3 mm de diamètre. Ils sont placés en tubes à visser de 16 x 75 mm, dans une chambre climatisée à 23-25° C, sous une photopériode de 16 heures. Trois ou quatre semaines plus tard, les apex prélevés ont formé une petite plantule de 1 à 2 cm avec 2 ou 3 petites feuilles et parfois 1 ou 2 racines. Cette petite plantule sera repiquée et

constituera le point de départ de la micropropagation.

2.1 Taux de reprise des méristèmes excisés

Nous n'avons pas observé de différences dans l'évolution des cultures in vitro issues de méristèmes, qu'il s'agisse d'un méristème terminal ou axillaire, que le méristème ait été prélevé sur des plantes en croissance ou à l'état dormant (plantes prélevées au champ en hiver, ou plant-frigo conservé à -2°C), ou encore sur des très jeunes pointes de stolons ou même sur le petit oeil latéral du filet.

Pour des raisons de facilité, nous préférons utiliser des petites pointes de stolons, lorsque c'est possible. Le pourcentage de contamination est faible et le prélèvement est facilité par l'absence de zone pilifère abondante chez ce type de prélèvement.

Sur le milieu de base (M.B.) décrit plus loin, nous avons obtenu 73% de réussite lors du prélèvement de 2 928 méristèmes appartenant à 253 cultivars. Les contaminations se sont élevées à 7% de l'ensemble. Ce taux de réussite paraît élevé, surtout si l'on tient compte de la petite taille des prélèvements. VAN HOOFF (1974) signale l'importance de l'équilibre minéral du milieu. Nous croyons pour notre part que le choix de la cytokinine joue également un rôle important sur le taux de reprise et la taille des explants (voir BOXUS, QUOIRIN et LAINE 1977).

S'il existe une sensibilité variétale différente par rapport au taux de reprise des méristèmes excisés, faible taux pour le cv. Gorella (15-20%), et taux élevé pour le cv. Surprise des Halles (85-100%), il ne semble pas exister de spécificité de milieu de culture ou de conditions de croissance, lors de l'évolution ultérieure des méristèmes. Le comportement des cultivars européens ou californiens, remontants ou non, des fraisiers des bois diploïdes ou des variétés cultivées octoploïdes, est très similaire.

2.2 Taux de guérison

Dans nos conditions de travail, nous obtenons une élimination complète et définitive des virus chez les fraisiers virosés, régénérés par culture de méristèmes. La thermothérapie préalable n'est pas nécessaire comme certains le préconisent. Nous avons assaini 115 plantes atteintes de viroses non déterminées. Ces plantes appartenaient à plus de 30 cultivars différents. De plus, 29 plantes issues de 29 méristèmes prélevés sur des plantes atteintes de virus connus se sont également révélées complètement saines. Il s'agissait de 6 plantes atteintes de "mild yellow etch virus", de 9 plantes contaminées par le "mottle virus" et 14 par le "crinkle virus". Sur les 144 plantes issues de méristèmes excisés sur des fraisiers virosés, aucune n'a jamais présenté de symptôme lors des tests d'indexage réalisés sur F. vesca UC 4 et F.V. 72 et sur F. virginiana UC 11.

La faible taille de nos explants de 0,1 à 0,3 mm explique sans doute l'excellent assainissement obtenu. Adams et Stickels d'East Malling observent aussi une guérison complète sans traitement préalable par la chaleur (communication personnelle).

Les souches de virus thermostables peuvent également être assainies. De plus, la guérison paraît définitive. Aucun cas de résurgence de virus n'est apparu après plusieurs années de traitement. Mullin et al. (1974) signalent également le maintien de l'assainissement complet 7 années après le passage par culture de méristème.

Ces résultats intéressants ne nous autorisent cependant pas à supprimer les tests d'indexage qui suivent le traitement et précèdent la multiplication. Il faut en effet toujours craindre un mauvais prélèvement ou l'apparition de souches plus difficiles à éliminer.

Mais l'assainissement obtenu ne se limite pas aux viroses. Molot et ses collaborateurs (1978) ont éliminé le Ph. cactorum à

condition que les explants ne dépassent pas 0,5 mm. Des prélèvements plus grossiers peuvent contenir du mycélium qui rapidement envahira la culture. Il en va de même pour les autres champignons parasites du sol. Les nématodes sont éliminés par la désinfection des stolons et l'élimination des parties externes, lors de l'excision du méristème.

3. LA MICROPROPAGATION

La multiplication accélérée des plantules issues de culture de méristème peut intervenir dès que les tests de contrôle sanitaire ont été établis sur la souche de départ. Cette multiplication peut se décomposer en 2 phases effectuées en chambre climatisée et en conditions stériles. La première appelée phase de prolifération, provoque un développement continu de bourgeons axillaires qui se multiplient par 4 ou 5 chaque mois. La seconde phase d'enracinement, assure le développement des bourgeons axillaires en jeune plantule feuillée et racinée, apte à être mise en terre.

3.1 Le milieu de culture

Les 2 phases de la micropropagation, comme aussi la culture de méristème, se déroulent sur un même milieu de culture, désigné sous le nom "milieu de base" ou M.B. Ce milieu contiendra différentes doses de substances de croissance suivant les usages:

M.B. + 0,1 mg/l de benzyladénine (BA) pour la culture de méristème;

M.B. + 1 mg/l de benzyladénine + 0,1 mg/l de gibbérelline pour la phase prolifération;

M.B. pour la phase d'enracinement.

Le milieu de base comporte:

- les macroéléments de Knop

Ca (NO₃)₂ · 4H₂O: 1,00 g/l

K NO₃ : 0,25 g/l

MgSO₄ · 7H₂O : 0,25 g/l

KH₂PO₄ : 0,25 g/l

- les microéléments de Murashige et Skoog

MnSO ₄ ·H ₂ O	: 16,0 mg/l
ZnSO ₄ ·4H ₂ O	: 8,6 mg/l
H ₃ BO ₃	: 6,2 mg/l
KI	: 0,83 mg/l
Na ₂ MoO ₄ ·2H ₂ O	: 0,25 mg/l
CuSO ₄ ·5H ₂ O	: 0,025 mg/l
CoCl ₂ ·6H ₂ O	: 0,025 mg/l
NaFe EDTA	: 20 mg/l

- mélange vitaminique et acides aminés de M.S.

acide nicotinique	: 0,5 mg/l
pyridoxine HCl	: 0,5 mg/l
glycine	: 2,0 mg/l
thiamine HCl	: 0,1 mg/l
meso-inositol	: 100,0 mg/l

- acide indolylbutyrique	: 1 mg/l
- glucose	: 4%
- agar	: 0,7%

Le milieu est autoclavé à 110° C pendant 20 minutes après avoir ajouté gibbérelline et benzyladénine si nécessaire, et après ajustement du pH à 5,7 à l'aide de NaOH N/10.

3.2 La phase de prolifération

La présence de benzyladénine dans le milieu lève la dormance des bourgeons axillaires qui se trouvent à la base des pétioles de la plantule initiale, obtenue de méristème. Ces bourgeons se développent et donnent naissance eux-mêmes à des nouveaux axillaires. Ces bourgeons de deuxième rang vont poursuivre un développement similaire et donner des bourgeons de troisième rang. Des masses de bourgeons se forment en touffes qui gonflent à chaque nouvelle génération.

Le phénomène peut se poursuivre indéfiniment à condition que la cytokinine reste présente dans le milieu. Dès que le milieu s'appauvrit en cytokinine, le bourgeonnement s'arrête et des racines apparaissent à la base des plantules. A ce moment, il faut effectuer un transfert sur milieu frais pour poursuivre la prolifération des bourgeons axillaires en présence de 1mg/l de BA, ou bien le développement des racines sur le milieu de base seul.

Le transfert se fait stérilement. Les touffes de bourgeons sont éclatées et chaque éclat de 2 à 5 bourgeons, suivant les cultivars, est placé sur le nouveau milieu. Une quinzaine d'éclats sont placés par bocal de 500 ml, contenant 150 ml de solution nutritive. Après 3 ou 4 semaines, les premières racines apparaissent et chaque bocal donne naissance à 5 nouveaux bocaux. En général, les bourgeons comportent des feuilles très petites unifoliées. Certains cultivars à bourgeons très petits peuvent même être réduits à des moignons de pétioles sans feuilles. Les transferts successifs permettent d'augmenter de manière géométrique le nombre de plantes potentielles produites. Une plantule de départ peut donner plus d'un million de descendants en un an.

3.3 La phase d'enracinement

La phase d'enracinement prend de 4 à 6 semaines. Sur le milieu de base, les racines apparaissent en 12 à 15 jours. Parallèlement, les bourgeons développent 2 ou 3 jeunes feuilles. Si ces dernières sont le plus souvent unifoliées comme dans la phase prolifération, les pétioles se sont plus ou moins allongés et les limbes foliaires sont plus développés. Les racines s'allongent pour atteindre 5 à 6 cm, ou plus, 5 semaines après le transfert. A ce moment la partie feuillée atteint aussi plus ou moins 5 à 6 cm.

Le comportement des plantes est un peu fonction de la taille des bourgeons obtenus en fin de phase de prolifération. Les cultivars comme Red Gaundlet, Rabunda, Ostara émettent au cours de la phase de prolifération des touffes présentant de très nombreux, mais très

petits bourgeons. Sur le milieu racines, ces cultivars à petits bourgeons produisent de très nombreux plants fins et difficiles à trier pour la mise en terre. Pour remédier à cette difficulté, NAVATEL (1979) préconise l'addition de Gibbérellines en plus forte concentration au milieu racine. Les résultats de cet auteur sur la variété Red Gauntled figurent au tableau 1.

Tableau 1 Rôle de la Gibbérelline sur le rendement en plants commercialisables (NAVATEL 1979)

Dose Gibberelline	Nombre moyen de plants commer- cialisables par pot	Classifications		Observations
		Nombre plants sup. à 2,5 cm	Nombre plants entre 1,5 et 2,5 cm	
0,1 mg/l	32	7,6	24,0	} → Nombreux déchets (plants trop petits) Très peu de déchets
0,5 mg/l	49	10,4	38,6	
1,0 mg/l	51,8	13,3	38,5	

Pour notre part, nous préférons utiliser le charbon de bois à 0,5°/°° dans le milieu de culture afin de hâter l'apparition des racines comme l'avait suggéré C. DAMIANO (1978).

En pratique, nous avons constaté chez les cultivars à petits bourgeons, par exemple Rabunda, une augmentation de plus de 30% de plantes commercialisables, en présence de 0,5°/°° de charbon actif dans le milieu enracinement.

3.4 Le transfert des plantules en terre

En fin de phase "enracinement, c'est-à-dire après 4-6 semaines de culture les plantules bien développées sont arrachées des bouteilles et conditionnées pour l'expédition chez le pépiniériste. Les plantules à racines nues supportent très bien le transport. Si l'on maintient les boîtes en plastique légèrement humides, les

plantules résistent 1 mois à une température de 20-25° C. Sous ce conditionnement les plantes voyagent très facilement. Un colis avion de 40 000 plants ne pèse que 15 kg environ.

Le transfert en terre est très aisé et donne presque 100% de réussite à condition de couvrir les jeunes plantules d'une bâche plastique pour maintenir une hygrométrie suffisante et d'ombrager si nécessaire. Le film sera ouvert progressivement et enlevé plus ou moins 15 jours après le repiquage. Ces précautions garantissent la réussite qui est très proche de 100%. En 4-5 semaines, les plantes peuvent être placées en plein champ. La tourbe TKS 1 se révèle le meilleur substrat testé, malheureusement est très élevé.

Les plantes élevées en mottes subissent moins d'arrêt de végétation lors de la mise en place, or un arrêt de végétation entraîne souvent une induction florale, même en jours longs, et donc un arrêt dans la formation des filets, ce qui est préjudiciable en pépinière.

3.5 Les conditions de production en laboratoire

Les plantes sont élevées en conditions stériles, aussi faut-il éviter les sources de salissage dans la salle de culture. Les bocal de culture placés sur des tablettes éclairées par des lampes fluorescentes type "lumière du jour". Il y a 3 TL de 40 W au mètre courant. La photopériode est de 16 heures/jour, 8 heures/nuir. La température de la salle de culture est de 23-25° C. Le degré hygrométrique de l'air n'est pas contrôlé.

Afin de répartir le travail de production uniformément tout au long de l'année, il est possible de stocker les plantules en chambre froide et cela à tous les stades de développement. Cette conservation à +2° C se fait à l'obscurité totale. Dans ces conditions les bocal contenant les bourgeons en fin de prolifération se conservent au-delà de 13 mois. Il est possible dès lors de constituer

un stock important de plants puisque chaque bocal de 10 cm de diamètre contient de 200 à 600 bourgeons. Les bocaux contenant des plantules racinées se conservent dans les mêmes conditions de 6 à 8 mois, avant d'être expédiées à racines nues.

Ce stockage permet de programmer la production avec un minimum de 6 mois d'avance pour tous les cultivars. Il permet aussi une utilisation rationnelle des tables de culture qui permettront annuellement un minimum de 8 cycles. Chaque mètre carré utile ayant une capacité minimum de production de 25 000 plants par an.

Il ne reste qu'un seul poste difficile à répartir. C'est celui de l'arrachage hors des bocaux qui ne peut se faire qu'avec 2 à 4 semaines d'avance. Heureusement ce poste ne demande aucune qualification et peut être confié à une main-d'oeuvre d'appoint. Les rendements sont de 2 à 3 000 plantules conditionnées par journée de travail.

4. LES PERFORMANCES DES PLANTS ISSUS DE MICROPROPAGATION

4.1 Production fruits

4.1.1 Production des microplants

En juin 1974, un premier champ de production comportant 7 cultivars (Domanil, Fanil, Goupil, Gorella, Senga gigana, Senga precosana et Surprise des Halles), multipliés au laboratoire, acclimatés en juillet, et plantés le 8 août 1973, est installé. Il y a 4 640 plants répartis en 4 parcelles de 40 plants d'un même mériclone. Chacun des cultivars est représenté par 3 à 6 mériclones distincts. Pour chaque cultivar il y a 4 parcelles de 40 plants témoins issus d'un même mériclone. Chacun des cultivars est représenté par 3 à 6 mériclones distincts. Pour chaque cultivar, il y a 4 parcelles de 40 plants témoins issus de nos meilleurs champs de multiplication. L'analyse statistique n'a montré aucune différence significative entre les mériclones et le témoin

d'un même cultivar. De même, il n'y avait pas plus de plants atteints de maladies de racines, vraisemblablement Verticillium, chez les plants de micropropagation que chez le témoin.

Au printemps 1976, un essai de production en serre du cv. Senga gigana est réalisé avec les plants du laboratoire au Jardin d'Essais de Breda en Hollande. Des plants issus de chez deux pépiniéristes différents servent de témoins. Une différence significative existe entre la S. gigana d'un pépiniériste, $2,4 \text{ kg/m}^2$, et celle d'un autre pépiniériste, $3,3 \text{ kg/m}^2$, tandis que la production des S. gigana issus de micropropagation en août précédent est de $3,2 \text{ kg/m}^2$.

A la vue de ces premiers résultats, nous pensions pouvoir conclure à l'absence de différence de comportement entre les micro-plants et les plants classiques. L'amélioration était donc uniquement sanitaire, les microplants garantissant toujours la qualité, ce que n'arrivent pas à faire ceux qui produisent du plant par les voies classiques. Cette amélioration cependant ne permettait pas de justifier le prix le plus élevé demandé pour du plant de micropropagation (25 à 50% de plus). Aussi, avons-nous proposé d'utiliser seulement le plant de micropropagation au niveau pépinière, car dans ce cas les avantages couvriraient largement la différence de prix. La première génération obtenue en pépinière était alors utilisée pour la production fruit.

4.1.2 Production de la première génération issue de microplants

En Belgique, AERTS (1979) signale qu'en 1977 et 1978, il n'y a pas de différences significatives entre les descendants de microplants et les plants classiques du cv. Gorella, ni en poids, ni en qualité.

R. LEMAITRE du Centre de Recherches du Fraisier à Wépion constate en 1978 une production de fruits plus petits chez les cvs. Domanil et Gorella issus de microplants que chez le témoin. Une observation analogue est faite en 1980 en Grande-Bretagne sur le cultivar Domanil, issu de micropropagation (communication personnelle, Dr WALKER).

DAMIANO (1979 et 1980) a publié les résultats d'essais effectués en Italie en 1978-1979, dans la vallée du Pô pour Gorella et dans le Sud du Pays pour Aliso, avec des plants frais et des plants frigo descendants de microplants ou de plants classiques (tableau 2).

Tableau 2 Production fruits en Italie, année 1979 (DAMIANO 1980)

	Gorella sous tunnel		Gorella plein air		Aliso	
<u>Plants frais</u>	g/plante	g/fruits	g/plante	g/fruits	g/plante	g/fruits
issus de microplants	377	10,1	514	8,8**	656	10,4
issus de plants classiques	448	10,6	479*	11,1	650	10,4
<u>Plants frigo</u>						
issus de microplants	495	13,2	512	14,5	—	—
issus de plants classiques	417	14,7	435*	14,7	725	10,0

* Différence significative.

** Différence hautement significative.

DIJKSTRA aux Pays-Bas a réalisé en 1978 et 1979 une étude du comportement de 5 clones de Gorella issus de micropropagation in vitro ou de multiplication classique. Trois clones hollandais (NAKB 1, 2 et 3) et deux clones belges (B. Gx et B. Gilles) sont produits au laboratoire à Gembloux en mai 1977 et 1978, plantés en juin en plein air pour la production d'une première descendance, récoltée et plantée à Wilhelminadrop en août 1978 ou août 1979. Les résultats des 2 essais sont donnés au tableau 3.

Tableau 3 Comparaison de clones de Gorella à Wilhelminadrop (Pays-Bas - d'après DIJKSTRA)

	g/plante		g/fruits	
	1978	1979	1978	1979
1. clone B. Gx in vitro	552 a	451	13,4 a	12,2
2. clone B. Gilles (in vitro)	662 bc	471	16,8 b	15,5
3. NAKB-1 (classique)	673 bc	463	15,4 b	16,0
4. NAKB-2 (classique)	611 b	429	16,7 b	16,7
5. NAKB-3 (classique)	652 bc	425	16,2 b	16,7
6. NAKB-1 (in vitro)	633 bc	487	16,3 b	14,4
7. NAKB-2 (in vitro)	619 bc	448	16,6 b	15,2
8. NAKB-3 (in vitro)	695 c	414	15,5 b	13,6
NAKB-1+2+3 (classique)	645	439	16,1	16,5
NAKB-1+2+3 (in vitro)	649	433	16,1	15,1

Pour interpréter les résultats qui précèdent, il faut savoir que le clone Gorella utilisé par LEMAITRE en Belgique et par DAMIANO en Italie est le même que le clone B. Gx de DIJKSTRA. Il s'agit en réalité d'un clone multiplié intensivement au laboratoire de Gembloux depuis 1969, qui avait servi aux premiers essais réalisés en 1974 à Gembloux.

En réalité, ce clone se comporte normalement dans l'essai

plant frigo de DAMIANO, production plein air, où il donne une production normale avec une dimension normale de fruits. Cette production normale est en liaison avec un port érigé normal des plants frigo de plein air. En effet, il est très classique d'observer chez les plants issus de micropropagation un port trapu qui s'atténue par passage au froid ou lors de fortes chaleurs. Dans tous les essais où l'on utilise ce clone de Gorella à partir de plants frais, il y a un effet dépressif sur la dimension des fruits et par ailleurs les plants sont bien reconnaissables: port plus trapu, nombre de feuilles plus grand, mais à pétiole court et à surface foliaire diminuée, nombre de fruits généralement élevé. La conservation à -2° C du plant frigo pendant plusieurs mois fait "oublier" au plant Gorella de première génération son port original de microplant. Un phénomène identique a été observé avec le cv. Sivetta, directement originaire du laboratoire et utilisé pour une production hâtive en serre, une production normale de plein air et une production retardée par conservation en chambres froides à -2° C (NUYTEN 1977). Seule cette dernière culture s'est révélée extrêmement bénéfique pour les microplants, production élevée et de qualité. Ici aussi le passage au froid s'est révélé intéressant.

Les résultats apparemment contradictoires obtenus par AERTS (1979) et par nous-même en 1974 avec le cv. Gorella s'expliqueraient différemment. En effet, dans les 2 cas, il s'agit de souches qui lors des essais n'avaient pas encore été multipliées de manière très intensive et nous croyons que les souches ne s'étaient pas encore "habituées" à la culture in vitro. Nous essayons actuellement de vérifier cette hypothèse "d'habituatation" ou de "juvénalisation" des cultures in vitro des cv. Domanil, Gorella et Red Gauntled en suivant la production des microplants et de leur descendance au cours des différentes subcultures qui interviennent au labo. Il

semble toutefois que tous les cultivars ne réagissent pas comme la Corella. Les observations faites en Italie au printemps 1980, semblent montrer un port normal pour une descendance de microplants de Belrubi et de Pocahontas. En Espagne, les plants frais de Tioga issus de micropropagation sont appréciés, car ils porteraient plus de fruits que les autres, tout en conservant une dimension très suffisante. Ceci toutefois, n'a pas fait l'objet de pesées systématiques. Enfin, dans tous les cas observés les premières multiplications in vitro d'un hybride nouveau montrent une très forte production de très gros fruits.

Pour terminer ce chapitre, il faut encore signaler une autre possibilité de modifier la production des plants de micropropagation en modifiant les conditions de culture in vitro soit par des changements de la balance hormonale de la solution, soit en modifiant les conditions d'élevage des plants. Il sera très intéressant de suivre les travaux effectués par l'équipe du professeur NAUMANN (1979) de Hanovre sur des microplants du cv. Senga sengana. Les premiers essais indiquent des augmentations de rendement de 96% par rapport au témoin, de plantules élevées pendant la phase d'enracinement sous des photopériodes et des thermopériodes précises. Il est encore trop tôt pour conclure, mais certains résultats semblent très prometteurs. Il est certain que la micropropagation modifie la physiologie du plant fraisier et que certaines conditions de croissance peuvent, elles aussi, fortement modifier cet état physiologique. Les essais en cours devraient nous permettre de mieux comprendre ces phénomènes dans un proche avenir.

4.2 Production de plants

L'amélioration de la production des plants en pépinières, grâce aux microplants, est beaucoup plus évidente. En effet, déjà après 3

semaines de transfert en terre, les jeunes plantes issues des boutelles présentent leurs premiers filets, à condition que les plantes soient cultivées sous jours longs, minimum 14 heures. Ces filets sont produits en abondance. DAMIANO (1979) donne le nombre de départ de filets par pied mère chez 3 cultivars, ainsi que le nombre de stolons produits pour une plantation de printemps récoltée l'automne suivant (tableau 4).

Tableau 4 Production de stolons en Italie, année 1978 (DAMIANO 1979)

	Nombre de départ	Nombre de stolons
<u>Gorella</u>		
issus de micropropagation	19,5 aa	62,0 aa
issus de plants classiques	11,2 bb	39,3 bb
<u>Belrubi</u>		
issus de micropropagation	9,1 aa	26,2 aa
issus de plants classiques	6,6 bb	10,8 bb
<u>Aliso</u>		
issus de micropropagation	39,8 aa	146,3 aa
issus de plants classiques	30,4 bb	89,5 bb

Remarque: l'Aliso a été produite dans une parcelle irriguée, les deux autres cv. n'ont pas été irrigués.

LEMAITRE obtient à Tihange (Belgique), en 1979, une nette amélioration avec les microplants de Gorella, plantés le 18 avril et récoltés le 22 août.

Cette caractéristique d'émettre beaucoup de stolons est sans doute une des manifestations de l'état juvénile de la plante issue de micropropagation. D'autres caractéristiques comme la présence de feuilles unifoliées disparaissent très vite chez la plante mise en

Tableau 5 Production de stolons en Belgique, année 1979 (d'après R. LEMAITRE)

	Gorella de micropropagation	Gorella classiques
nombre de départ	18	7
nombre de stolons commerciaux	19	5,4
nombre de stolons petits	14,3	4,5

terre. Un comportement remarquable du cv. Bordurella indique cet état juvénile chez les microplants. En effet ceux-ci sont capables d'émettre 5 à 7 stolons et puis s'arrêtent d'en former comme le type classique qui n'en émet jamais.

Les micropropagation offre un réel intérêt pour la production de stolons, chez tous les cultivars, mais principalement pour les remontants.

L'état sanitaire des champs de multiplication de microplants est en général très bon, les plants sont très souvent d'une très grande homogénéité, si les conditions de culture sont bonnes.

DAMIANO (1980) relève que si les plants descendant des microplants ne sont pas immunisés contre les parasites du sol, ils ne sont certainement pas plus sensibles à l'infection (tableau 6).

Certains résultats contradictoires sont signalés par DAMIANO et al. (1980) et par SANSAVINI et al. (1980) sur la sensibilité des microplants eux-mêmes au "Collasso". Pour notre part nous n'avons pas observé une sensibilité différente des microplants au Verticillium.

Tableau 6 Observations de plants atteints de "collasso" (DAMIANO 1980)

	% de plants atteints sous tunnel	% de plants atteints en plein champ
<u>Plants frais</u>		
issus de micro- propagation	55,00 aa*	41,66 aa
issus de plants classiques	52,91 aa	33,89 aa
<u>Plants frigo</u>		
issus de micro- propagation	0 aa	2,50 aa
issus de plants classiques	8,68 bb	4,35 aa

(*) Pas de différence significative - $P = 0,01$

De plus, depuis l'introduction généralisée des microplants dans les pépinières de France, les symptômes de flétrissement ont quasiment disparu. Il est vrai que la suppression des fleurs est une technique généralisée en pépinière et que cette pratique pourrait supprimer le symptôme, comme l'ont montré SANSAVINI et al. (1980) pour le "collasso" chez le cv. Gorella.

4.3 Stabilité génétique

Parmi les millions de plants fraisiers produits à partir de microplants depuis ces dernières années aucun cas de mutation n'a été cité, à ma connaissance. Ce qui s'observe sur les microplants avec une fréquence de l'ordre de 1 pour 10 000 peut-être, et quel que soit le cultivar, ce sont des cas de mutants somatiques chlorophylliens. Ces derniers affectent une partie ou le tout d'un bourgeon. Suivant les cas, ils se limitent au pied mère, ou se transmettent à la descendance. Ce type d'accident se produit aussi lors

de la multiplication classique, peut-être avec la même fréquence. Un phénomène identique peut s'observer mais également avec une fréquence extrêmement faible, sur des plantules encore dans les bouteilles d'élevage.

Le plus souvent les mosaïques chlorophylliennes qui découlent de ces mutations somatiques sont limitées à 2 ou 3 feuilles et n'affectent pas la descendance. Mais ceci dépend évidemment du moment où intervient la mutation au cours de l'autogenèse du bourgeon. De toute manière, les symptômes sont faciles à identifier et l'éradication des pieds atteints est souhaitable.

D'autres anomalies peuvent parfois être observées sur les microplants après leur acclimatation en terre. Il s'agit notamment de diverses formes de "June yellow" qui peuvent apparaître même en septembre. Il s'agira soit d'une mosaïque ou d'une marbrure jaunâtre plus ou moins accentuée, soit de striures blanches. Ils sont généralement fugaces. Plusieurs cultivars de Senga se sont révélés très sensibles à cet accident en automne. Mais après l'hiver les symptômes avaient complètement disparu à l'exception d'une striure blanche avec déformation des feuilles chez S. precosa. Il ne nous est pas encore possible de déterminer si les microplants favorisent ou non l'apparition du "June yellow". Il faut toutefois y prêter attention.

SANSAVINI et al. (1980) signalent aussi un comportement particulier des plants de micropropagation: ils fleurissent et produisent des stolons en même temps, alors que chez les plants classiques, les phases générative et végétative sont séparées dans le temps.

Nous avons déjà parlé du faciès particulier des microplants, à port trapu, feuilles nombreuses et petites, coeurs et fleurs abondants, qui paraît lié à l'"habituatation" de la souche aux

conditions de culture in vitro.

Il faut encore signaler l'apparition de fruits très gros lors des premières subcultures réalisées in vitro, chez beaucoup de cultivars. L'un ou l'autre cas de modifications de la forme des fruits ou de malformations des fruits a été observé, notamment un cas signalé sur Hummi grande en Suisse (Dr LUTZ, communication personnelle).

Toutes ces observations ne constituent vraisemblablement pas des modifications génétiques, mais sont des variants ou des phénotypes induits par les conditions physiologiques particulières des microplants. Une meilleure connaissance de ces mécanismes permettrait d'en retirer les bénéfices sans en subir les dépréciations.

5. CONCLUSIONS

L'expérience acquise dans le domaine de la micropropagation du fraisier montre que malgré certaines difficultés qui ont été largement exposées ci-dessus, cette technique permet la production d'un plant de qualité.

Pour y arriver, il faut observer les règles suivantes:

- . partir exclusivement de méristèmes et contrôler le résultat par indexage;
- . bannir toute production de cal et de bourgeons adventifs;
- . renouveler les souches très régulièrement afin de s'assurer une forte production de gros fruits et d'éviter les phénomènes d'habituation;
- . effectuer une, ou éventuellement deux multiplications classiques à partir des microplants, suivant l'état sanitaire des parcelles et le cultivar utilisé. Les remontants par exemple ne seront multipliés qu'une seule fois.

Le respect de ces normes, la rapidité du procédé, la garantie sanitaire obtenue, assureront la qualité du plant produit et par là même la rentabilisation des installations.

Bibliographie

- 1 AERTS J. - 1974. Survey of viruses and mycoplasmas in strawberry
Neth. J. Pathol., 80, 215-227.
- 2 AERTS J. - 1974 b. Verschillen in gevoeligheid van
aardbeivarieteiten voor een enkelvoudig virus en een viruscomplex.
Meded. Fakult. Landbouwwetenschappen, Gent, 39, 1203-1215.
- 3 AERTS J. - 1979. Ervaringen met, langs microvermeerdering bekomen,
virusvrije aardbeiplanten. Meded. Fakult. Landbouwwetenschappen,
Gent, 44, 2, 981-991.
- 4 BOXUS Ph. - 1974. The production of strawberry plants by in vitro
micropropagation. J. Hort. Sci., 49, 209-210.
- 5 BOXUS Ph. - 1976. Rapid production of virus-free strawberry by in
vitro culture Acta Horticulturae, 66, 35-38.
- 6 BOXUS Ph., M. QUOIRIN et J.M. LAINE - 1977. Large scale propagation
of strawberry plants from tissue culture. In "Applied and
Fundamental Aspects of Plant Cell, Tissue and Organ Culture. Edited
by J. Reinert and Y.P.S. Bajaj. Springer-Verlag, Berlin Heidelberg,
130-143.
- 7 DAMIANO C. - 1978. Il carbone attivo nella cultura in vitro della
fragola. Frutticoltura, 40, 49-50.
- 8 DAMIANO C., W. FAEDI et D. COBIANCHI - 1979. Prove di
stolonizzazione in vivaio di fragole ottenue da culture in vitro. In
"Incontro Nazionale sulla coltura della fragola" 14 dicembre 1979,
Ferrara, 57-64.
- 9 DAMIANO C., W. FAEDI et D. COBIANCHI - 1980. Prove di
stolonizzazione in vivaio e osservazioni agronomiche su piante di
fragola ottenute da culture in vitro. Frutticoltura, 42, 51-60.
- 10 MOLOT P.M. et J.G. NOURRISSEAU - 1978. Bilan des recherches
réalisées par l'INRA pour lutter contre le Phytophthora cactorum du
fraisier. P.H.M. - Revue Horticole, 191, 23-33.
- 11 MULLIN R.H., SMITH S.H., FRAZIER N.W., SCHLEGEL D.E. et Mc CALL S.R.
- 1974. Meristem culture frees strawberries of mild yellow edge,
pallidosis and mottle diseases. Phytopathology, 64, 1425-1429.
- 12 NAVATEL J.C. - 1979. La multiplication in vitro du fraisier. CTIFL
- Documents, 60, 53-63.
- 13 NAUMANN W.D. et B. SYNOWSKI - 1979. Wuchs-und Ertragsleitung von
Erdbeerpflanzen nach Mikrovermehrung. Erwerbobstbau, 21, 142-146.

- 14 NUYTEN H. - 1977. Meristeemcultuur... de oplossing? Groenten en Fruit, Kerstnummer, p. 77.
- 15 SANSAVINI S. et G. GHERARDI - 1980. Selezione clonale e stabilità genetica di fragole micropropagate. Frutticoltura, 42, 39-46.
- 16 VAN HOOF P. - 1974. Méthode pratique de culture de méristèmes de fraisiers. Bull. Soc. Roy. Botan. Belge, 107, 5-8.

Figure 1 **Excision du méristème sous la loupe binoculaire.**

Excision of meristem under binocular lens.



Figure 2

Tube de 16 x 75 mm contenant 2 petites plantules issues de
méristèmes de 0,1-0,2 mm, excisés 5 semaines plus tôt.

16 x 75 mm tube containing 2 small plantlets produced from 0,1
0,2 mm meristems, excised 5 weeks earlier.

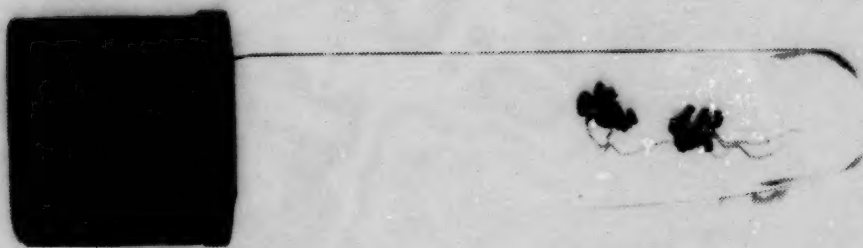


Figure 3 Tube de 25 mm de diamètre contenant une jeune plantule, âgée de 10 semaines.

25 mm diameter tube containing 1 young plantlet, age 10 weeks.

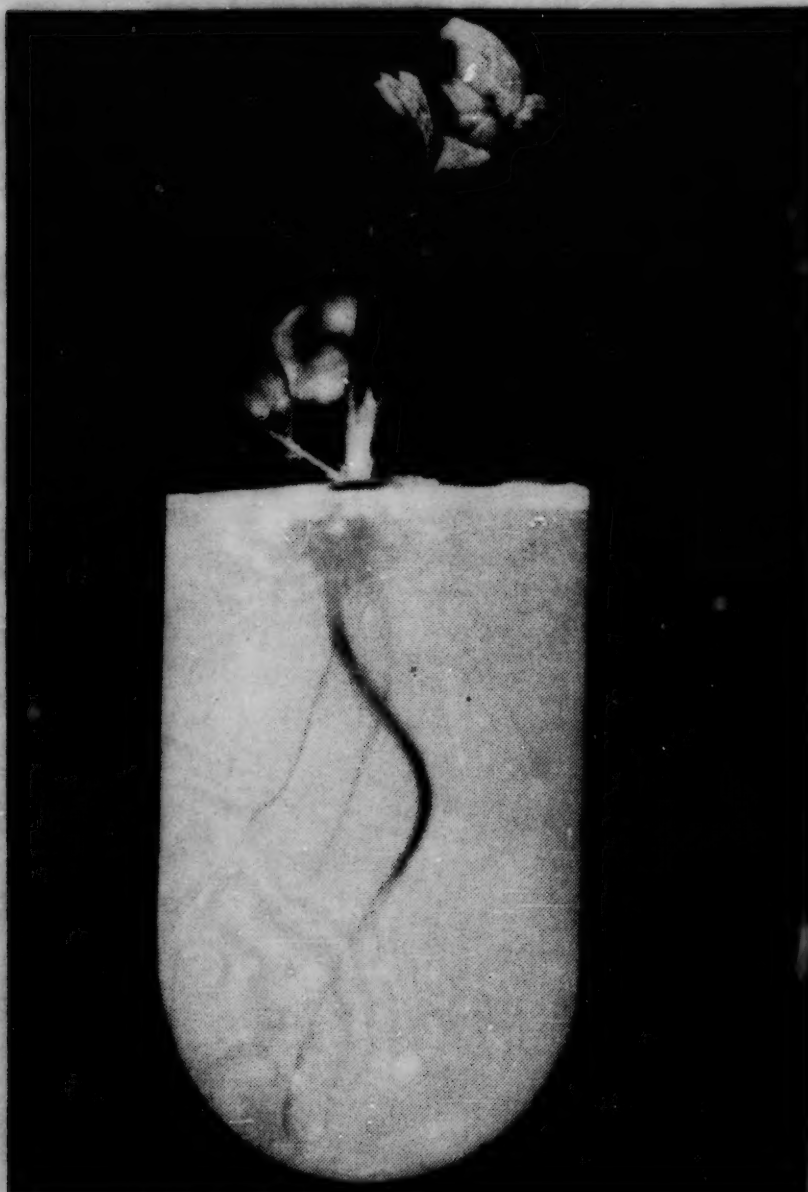


Figure 4

Bocal d'un demi-litre contenant environ 400 bourgeons, en fin de phase de prolifération.

Half-litre jar containing approximately 400 buds, at the end of the proliferation phase.



Figure 5 **Bocal d'un demi-litre contenant 60 plantule racinées, en fin de phase d'enracinement.**

Half-litre jar containing 60 rooted plantlets, at the end of the rooting phase



Figure 6 Les hottes stériles pour le transfert aseptique des bourgeons.

Sterile baskets for aseptic transfer of buds.

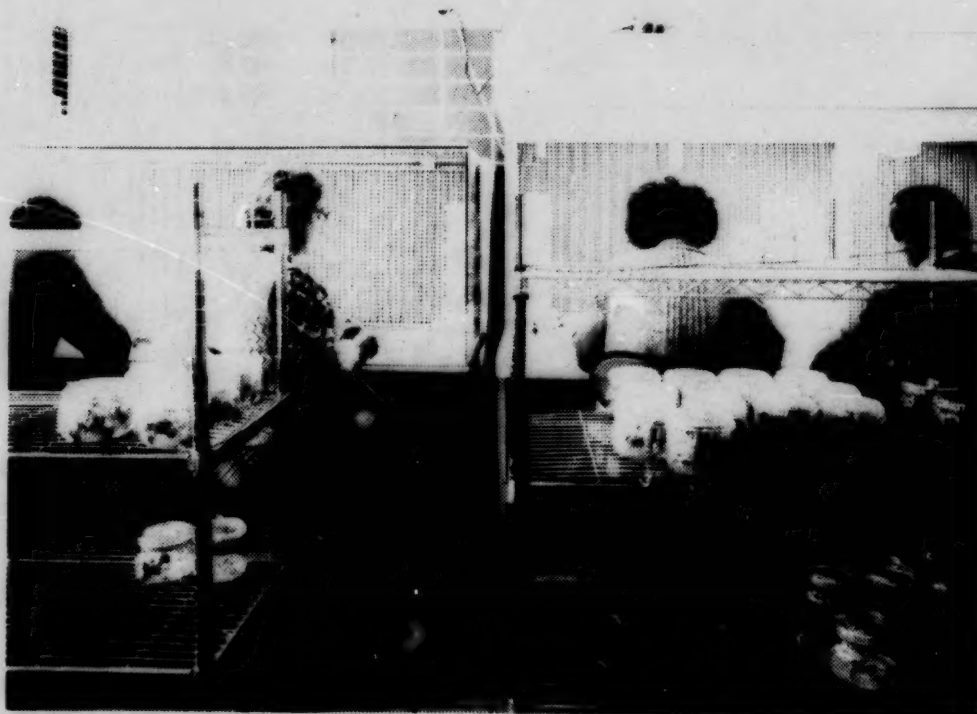


Figure 7 Vue de la salle de culture, $\pm 24^{\circ}$ C, 16 h. lumière/jour.

View of the culture room, $\pm 24^{\circ}$ C, 16 h. light/day.

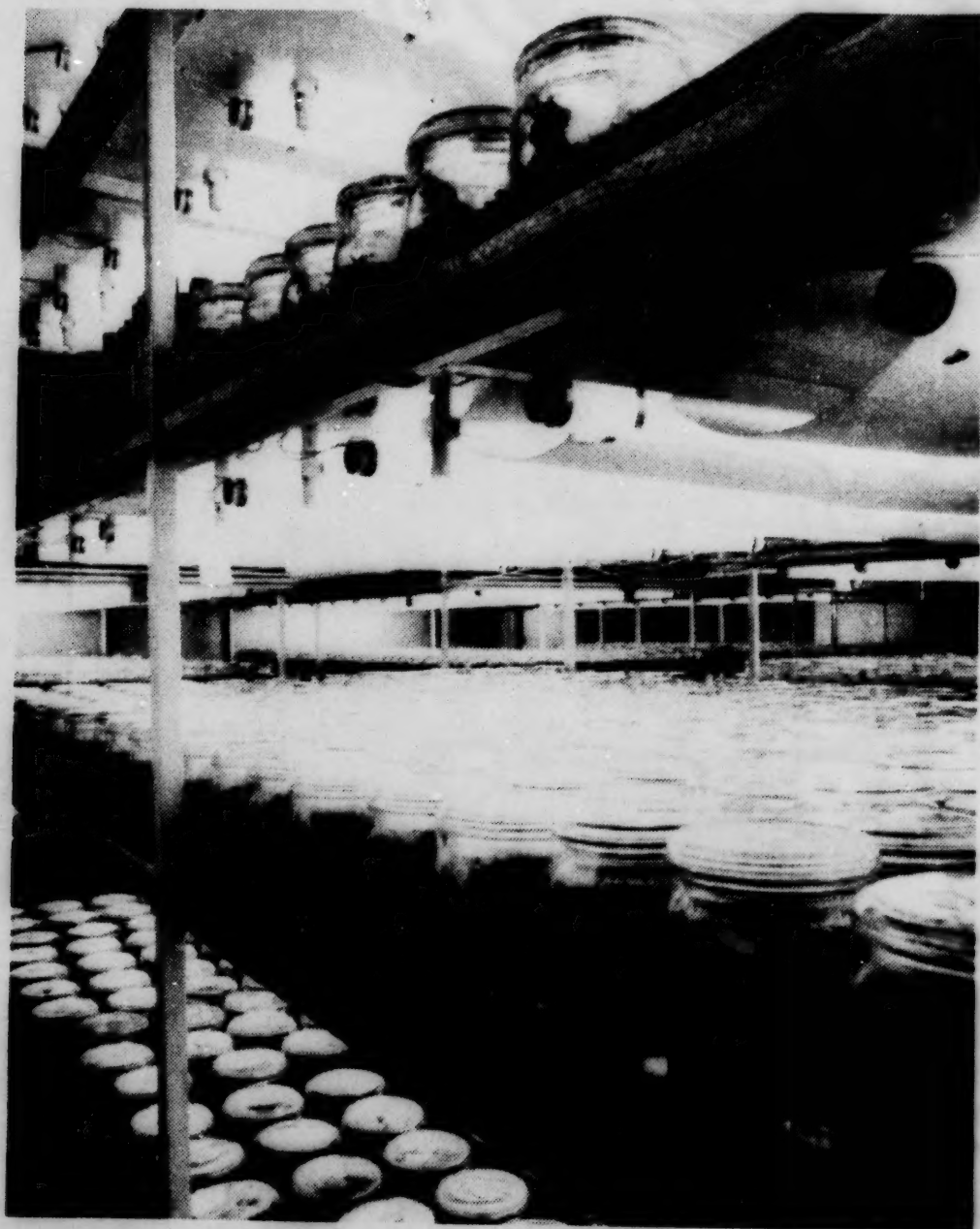


Figure 8 Vue de la chambre froide à +2 °C, pour le stockage du matériel végétal.

View of the cold room, +2 °C, for storage of plant materiel.



Figure 9

Arrachage et comptage des plantules racinées avant expédition et mise en terre.

Removing and counting rooted plantlets before shipping and planting.



Figure 10 Conditionnement des plantules pour l'expédition. Chaque barquette plastique contient 200 plantules racinées.

Packing plantlets for shipping. Each plastic holder contains 200 rooted plantlets.

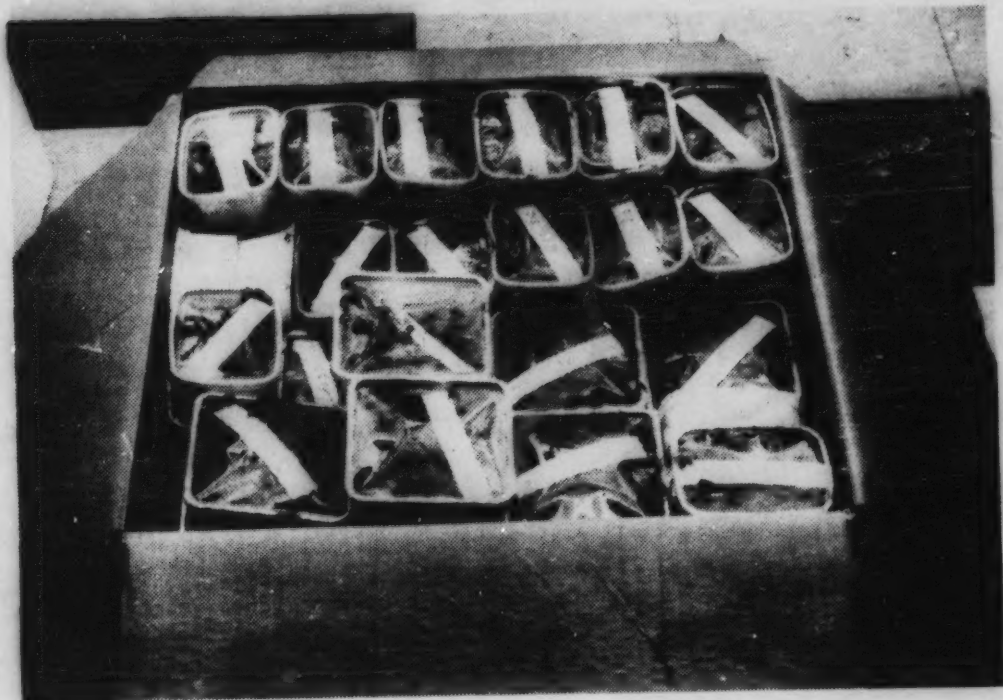


Figure 11 Mise en terre des plantules.

Setting the plantlets in soil.



Figure 12 Acclimatation des plantules sous bâche plastique.

Acclimatizing the plantlets under a plastic cover.

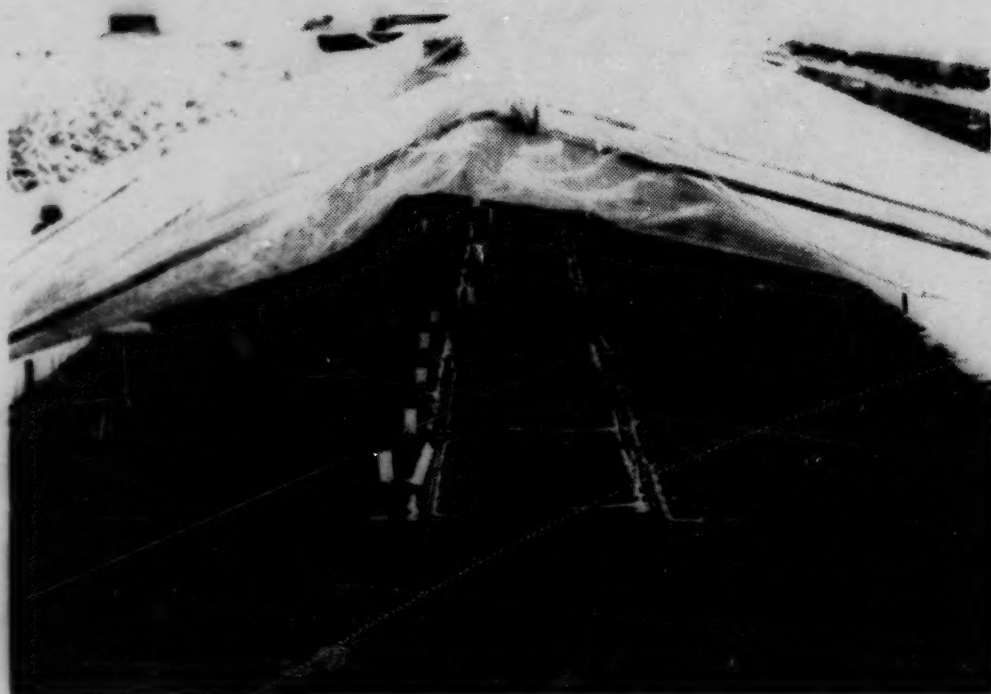


Figure 13 Port trapu des plants issus directement de micropogagation, à droite de l'étiquette.

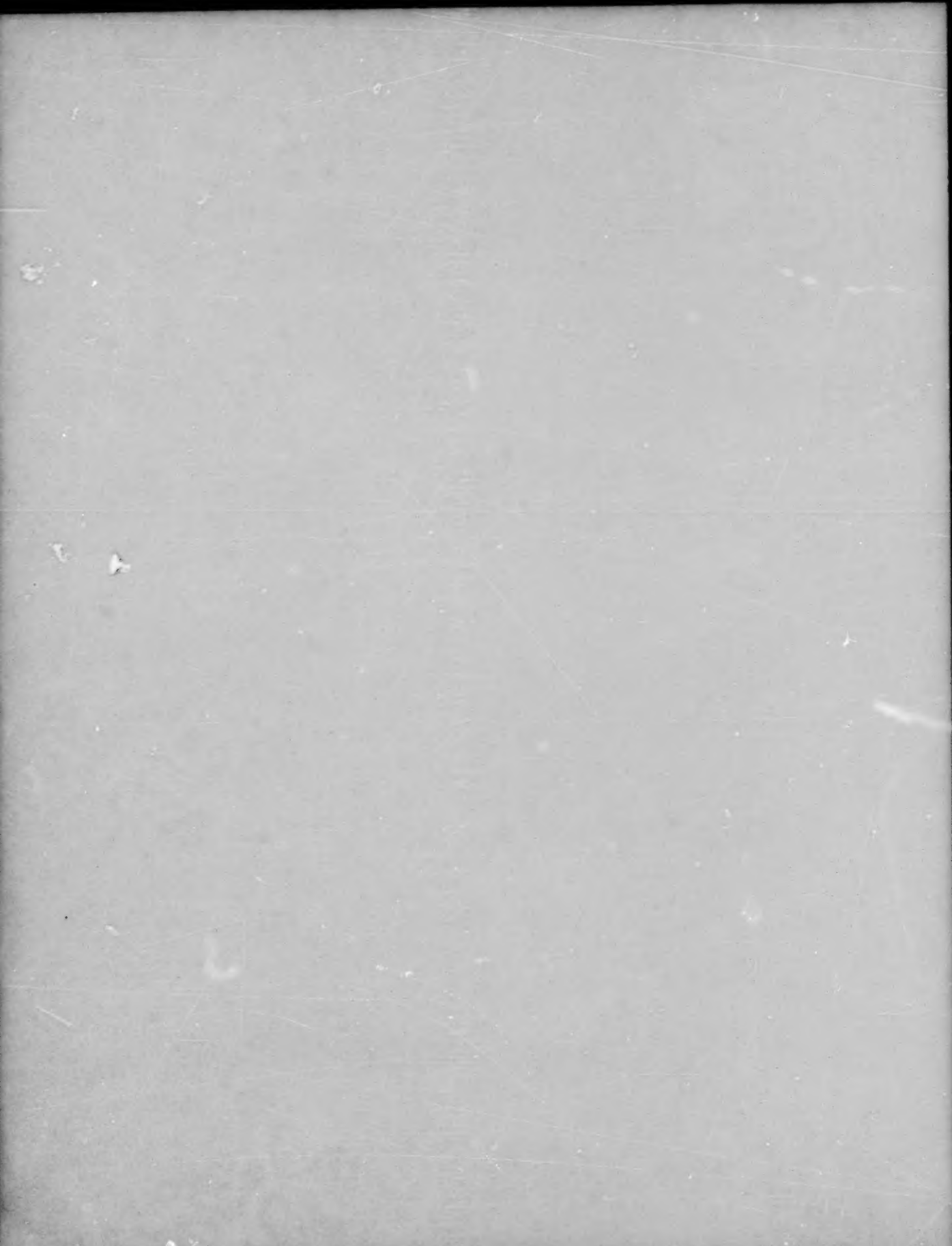
Short, squat habit of plants produced directly by micropogagation, to right of label.



**Commercial Production of
Strawberry Plants Produced
by Meristem Culture and
Micropropagation**

Philippe Boxus

**Station de cultures fruitières et maraîchères
Chaussée de Charleroi
Gembloux, Belgique**



Abstract

There are numerous serious parasites contaminating our strawberry fields which we have no practical means of eliminating in the field: virus diseases, nematodes, tarsonemids and such soil fungi as Phytophthora cactorum, Ph. fragariae, Verticillium.

Thermotherapy, or heat treatment at 38° C for 3 to 5 weeks, has permitted the elimination of certain virus diseases, but was ineffective for the other parasites. In addition, the problem of heat-resistant strains arose, and in certain cases the virus reappeared some months following treatment and an apparent cure.

Meristem culture, in contrast, has proven very effective not only against virus diseases, but also against tracheomycoses, nematodes, etc. Of 139 plants from 39 different cultivars affected by virus diseases, the cure was total and definitive. The excised meristems were extremely small (0,2 - 0,3 mm).

Following health inspection tests, the cured stock is propagated under sterile conditions in the laboratory, in half-litre containers holding 60 to 100 rooted plantlets, or 300 to 500 mini-buds, depending on the stage of propagation. These containers, placed under artificial light (Grolux 40 W fluorescent tubes) 16 hr/day at 24° C, contain approximately 200 ml of solidified medium composed of Knop's mineral elements for macroelements and Murashige and Skoog's elements for microelements, vitamins and amino acids. In order to promote the development and proliferation of axillary buds at the base of the petioles of the formed leaves, a cytokinin, benzylaminopurine, is added to the medium in the proportion of 1 mg/l. The new buds formed give rise in turn to secondary buds, while the roots are inhibited by the hormone. This process can be continued indefinitely so long as the bud clusters formed are divided under sterile conditions and replaced on fresh, enriched nutritive medium. The buds multiply at a rate of 4 or 5 times per month, or tens of millions per year. When the

number of buds obtained corresponds to the number of plantlets desired, the buds are divided one last time and placed under sterile conditions on the medium described above, without BAP, but enriched with 0,05% activated charcoal. Under these conditions, and still under lights, the buds develop in 4 to 5 weeks into young rooted plantlets ± 7 to 10 cm tall. Within 4 to 6 weeks of being placed in soil, these young plants, free of all known parasites, will produce plants suitable for transplanting into the field.

The entire multiplication process is extremely flexible. In fact, through the use of dark, cold rooms ($\pm 2^{\circ}$ C), each stage of development can be halted and kept at that state without sacrificing its capacity for later development. The proliferating buds can resume proliferation after more than a year in the cold. The rooted plantlets can be kept for 4 to 6 months, and for certain cultivars much longer, in the absence of light. Even plants removed from their containers and kept in a humid environment can be kept for several weeks before shipping. The plants withstand transportation readily, and take up minimum space: 40 000 plants weigh approximately 15 kg, including packaging. Culture under sterile conditions no longer poses any problem with present equipment, sterile laminar flow and wide-mouthed glass containers. Each m^2 of growing area can produce 40 000 plantlets per year. A number of industrial laboratories in France, Italy and Spain are producing millions of plants by this method, with technical assistance from our Station.

The behaviour of the plants in the field shows great homogeneity in the material produced.

Stolon production is increased by a minimum of 40 %. Fruit production is increased in comparison with commercial plants, but not in comparison with healthy plants of traditional origin. However, the latter are relatively difficult to produce, and the process remains uncertain. The most recent results in terms of fruit production are presented and discussed.

.....

The demand for strawberry plants is constantly growing today. This is the result of ever-expanding cultivation and the spread of new growing techniques. Annual cultivation has become common, in order to maintain tonnages, proper size and satisfactory commercial quality. These objectives obviously can only be achieved with a perfectly healthy plant, ready at the proper time.

In vitro culture techniques offer an effective solution to this problem. Meristem culture permits the elimination of parasites, largely or entirely incurable by chemical means, accumulated over the course of successive growing seasons. Multiplication in vitro, or micropropagation, ensures rapid multiplication under aseptic conditions, and thus provides an entirely healthy plant.

In Europe, most commercial strawberry plants are produced by in vitro laboratory culture. A patented technique developed at the Gembloux Fruit and Market Gardening Station has contributed largely to the development of this type of plants and to the industrialization of the process (BOXUS 1974, 1976; BOXUS, QUOIRIN and LAINE 1977).

1. MAJOR PARASITES

1.1 Virus diseases and mycoplasmoses

Like all vegetatively propagated perennial plants, the strawberry plant is frequently contaminated by virus diseases or mycoplasmoses. The literature shows that these are numerous and varied. AERTS, in 1974, indicated the existence of 54 virus diseases and 8 mycoplasmoses affecting the strawberry plant. Most were epidemic and transmitted by aphids, nematodes or leafhoppers. These diseases, formerly described as degenerative diseases, can cause serious declines in productivity, particularly in the presence of complexes. AERTS (1974, b) has observed declines in fruit productivity of 20 to 80 %, depending on the cultivar, in the case of a complex including the strawberry mild yellow edge virus. This same complex caused a reduction in the nursery of

of approximately 50% in stolon production in the cultivar Gorella (AERTS 1976).

1.2 Soil fungi-parasites

Although a number of today's commercial fungicides appear to be effective in powder or spray form against soil fungi-parasites, these are still difficult to control in the field, whether we are dealing with red core due to Phytophora fragariae, or wilt due to Phytophora cactorum or Verticillium. These serious diseases are very commonly the result of latent infections which become evident in the strawberry plant only under certain specific physiological circumstances.

1.3 Animal parasites

Leaf and stem nematodes and tasonemids can cause serious damage in established strawberry fields with uncontrolled planting. Chemical control is difficult and relatively ineffective. In addition, legislation in many countries prohibits the use of these pesticides on edible plants.

1.4 Methods of control

Chemical control is often difficult and dangerous. Therefore, the struggle against these parasites is primarily preventive. It is important to begin with healthy plants, propagated in isolation under good conditions, receiving standard plant health care, on well drained land. MOLOT and NOURRISSEAU (1978), French experts on Ph. cactorum, advise severe prophylactic measures, including disinfection of the soil during the first multiplication, in order to maintain a high level of plant health in meristem-produced plants. In fact, under normal growing conditions, they have observed approximately 30% recontamination of plants by Ph. cactorum.

Thermotherapy consists of keeping the plants at 38° C for several

weeks. This technique, once used to eliminate virus diseases, is no longer used on strawberry plants. It produced low rates of cure and in many cases the cure was merely apparent, with the disease reappearing several months after treatment. Moreover, it was not effective in eliminating soil diseases or thermostable virus strains.

Today, thermotherapy has been replaced by meristem culture.

2. MERISTEM CULTURE

The meristems are excised from young stolon tips taken from visually selected stools. After disinfection by a brief 2 minute bath in alcohol at 94°, the stolon tips are immersed for 15 minutes in a 4,5% solution of calcium hypochlorite, before being transferred to a rinse bath consisting of sterile water. The stolons are aseptically dissected under a binocular lens and the meristematic mass removed. The explants are 0,1-0,3 mm in diameter. They are placed in 16 x 75 mm screw tubes, in a 23-25° C climate-controlled chamber, under a photoperiod of 16 hours. Three or four weeks later, the excised apices have formed small plantlets, each 1 to 2 cm long with 2 or 3 small leaves and occasionally 1 or 2 roots. This tiny plantlet will be transplanted and will constitute the point of departure for micropropagation.

2.1 Rooting rate of excised meristems

We have observed no differences in the development of in vitro meristem cultures between terminal or axillary meristems, meristems taken from growing or dormant plants (plants removed from the field during the winter, or plants being kept in cold storage at -2° C), or from very young stolon tips or even from the small lateral eye of the runner.

For reasons of convenience, we prefer to use small stolon tips whenever possible. The rate of contamination is low and cutting is facilitated by the absence of any densely piliferous zone with this

type of cutting.

With the basic medium (BM) described below, we have obtained a success rate of 73% with a group of 2 928 meristems from 253 cultivars. Contamination occurred in 7% of these cuttings. This success rate appears high, particularly in view of the small size of the cuttings. VAN HOOFF (1974) stresses the importance of the mineral balance of the medium. We, for our part, feel that the choice of cytokinin also plays an important role in the rooting rate and the size of the explants (see BOXUS, QUOIRIN and LAINE 1977).

While there are different varietal sensitivities in terms of the rooting rate of the excised meristems, with a low rate for cv Gorella (15-20%) and a high rate for cv Surprise des Halles (85-100%), there does not appear to be any specificity in terms of culture medium or conditions of growth, during the subsequent development of the meristems. The behaviour of the cultivars, whether European or California, remontant or otherwise, of wild diploid strawberries or of the cultivated octoploid varieties, is very similar.

2.2 Rate of cure

Under our working conditions, we obtain complete and definitive elimination of the viruses in affected strawberry plants regenerated by meristem culture. Prior thermotherapy is not necessary, as some claim. We have cured 115 plants affected by undetermined virus diseases. These plants came from more than 30 different cultivars. In addition, 29 plants produced from 29 meristems taken from plants infected by known viruses were also completely cured. These included 6 plants affected by mild yellow etch virus, 9 plants contaminated by mottle virus and 14 by crinkle virus. Of the 144 plants produced by meristems excised from strawberry plants suffering from virus diseases, none has ever

shown any symptom on indexing tests performed on F. vesca UC 4 and F.V. 72 and on F. virginiana UC 11.

The small size of our explants (0,1 to 0,3 mm) probably explains the excellent rate of cure obtained. Adams and Stickels of East Malling also observe complete recovery without heat treatment (personal communication).

Thermostable virus strains can also be cured. In addition, the cure appears to be complete. No case of virus resurgence has appeared after several years of treatment. Mullin et al (1974) also observe a continued state of complete health 7 years after meristem culture.

These promising results do not authorize us, however, to eliminate the indexing tests following treatment and prior to multiplication. It is important to remain aware of the danger of a poor cutting or the appearance of strains which are more difficult to eliminate.

But the cure obtained is not limited to virus diseases. Molot and colleagues (1978) have eliminated Ph. cactorum in explants of up to 0,5 mm. Larger cuttings may contain mycelium, which will rapidly invade the culture. The same is true of other soil fungi-parasites. Nematodes are eliminated by the disinfection of the stolons and the elimination of the external portions during excision of the meristem.

3. MICROPROPAGATION

Accelerated multiplication of plantlets produced by meristem culture can take place as soon as health inspection tests have been carried out on the original stock. This multiplication can be broken down into 2 phases, performed in a climate-controlled chamber under sterile conditions. The first, known as the proliferation phase, involves the continuous development of axillary buds, which multiply 4 or 5 times

each month. The second, or rooting, phase ensures the development of the axillary buds into young leafed and rooted plantlets, ready for placement in soil.

3.1 Culture medium

The 2 phases of micropropagation, like meristem culture, occur on the same culture medium, known as the "basic medium" or BM. This medium contains various proportions of growth substances as required:

BM + 0,1 mg/l benzyladenine (BA) for meristem culture;

BM + 1 mg/l benzyladenine + 0,1 mg/l gibberellin for the proliferation phase;

BM for the rooting phase.

The basic medium contains:

- Knop's macroelements

Ca (NO ₃) ₂ . 4H ₂ O	: 1,00 g/l
K NO ₃	: 0,25 g/l
MgSO ₄ . 7H ₂ O	: 0,25 g/l
KH ₂ PO ₄	: 0,25 g/l

- Murashige and Skoog's microelements

MnSO ₄ . H ₂ O	: 16,0 mg/l
ZnSO ₄ . 4H ₂ O	: 8,6 mg/l
H ₃ BO ₃	: 6,2 mg/l
KI	: 0,83 mg/l
Na ₂ MoO ₄ . 2H ₂ O	: 0,25 mg/l
CuSO ₄ . 5H ₂ O	: 0,025 mg/l
CoCl ₂ . 6H ₂ O	: 0,025 mg/l
NaFe EDTA	: 20 mg/l

- MS vitamin and amino acid mixture

nicotinic acid	: 0,5 mg/l
pyridoxine HCl	: 0,5 mg/l

glycine	:	2,0 mg/l
thiamine HCl	:	0,1 mg/l
meso-inositol	:	100,0 mg/l
- indolylbutyric acid	:	1 mg/l
- glucose	:	4%
- agar	:	0,7%

The medium is autoclaved at 110° C for 20 minutes after the addition of gibberellin and benzyladenine if necessary, and after adjustment of the pH to 5,7 by means of NaOH N/10.

3.2 Proliferation phase

The presence of benzyladenine in the medium halts the dormancy of the axillary buds found at the base of the petioles of the initial plantlet obtained by meristem culture. These buds develop and produce their own axillary buds. These secondary buds develop in the same way and produce tertiary buds. These masses of buds form clusters which expand with each new generation.

The phenomenon can continue indefinitely as long as cytokinin remains present in the medium. As soon as the medium becomes low in cytokinin, the budding stops and roots appear at the base of the plantlets. At this point, the buds must be transferred to fresh medium in order to continue the proliferation of axillary buds in the presence of 1 mg/l of BA, or else the development of roots in the basic medium alone.

The transfer is carried out under sterile conditions. The bud clusters are divided and each division of 2 to 5 buds, depending on the cultivar, is placed in the new medium. Approximately fifteen divisions are placed in each 500 ml container with 150 ml of nutritive solution. After 3 or 4 weeks, the first roots appear and each container produces 5 new containers. Normally, the buds

produce very small unifoliate leaves. Some cultivars with extremely small buds may even be reduced to leafless petiole stubs. By successive transfers, it is possible to increase the number of plants potentially produced geometrically. One original plantlet may produce more than a million descendants in one year.

3.3 Rooting phase

The rooting phase takes 4 to 6 weeks. In the basic medium, roots appear in 12 to 15 days. At the same time, the buds develop 2 or 3 young leaves. While these are usually unifoliate, as in the proliferation phase, the petioles are more or less elongated and the foliar laminae are more highly developed. The roots grow to a length of 5 to 6 cm or more by 5 weeks after the transfer. At this point, the leafed portion too is approximately 5 to 6 cm long.

The behaviour of the plants is related in part to the size of the buds obtained at the end of the proliferation phase. Cultivars such as Red Gauntlet, Rabunda and Ostara produce clusters containing large numbers of very small buds during the proliferation phase. In the rooting medium, these small-bud cultivars produce large numbers of tiny plants which are difficult to sort for planting. In order to remedy this difficulty, NAVATEL (1979) advocates the addition of gibberellin in higher concentrations to the rooting medium. This author's results with the Red Gauntlet variety appear in table 1.

We, on the other hand, prefer to use 0,5°/° charcoal in the culture medium to hasten the appearance of roots, as suggested by C DAMIANO (1978).

In practice, we have observed an increase of more than 30% in marketable plants in small-bud cultivars, for example Rabunda, in the presence of 0,5°/° activated charcoal in the rooting medium.

Table 1 Role of gibberellin in the production of marketable plants
(NAVATEL 1979)

Proportion gibberellin	Average N° marketable plants per pot	Classification		Observations
		N° plants over 2,5 cm	N° plants between 1,5 and 2,5 cm	
0,1 mg/l	32	7,6	24,0	Numerous discards (plants too small) Very few discards
0,5 mg/l	49	10,4	38,6	
1,0 mg/l	51,8	13,3	38,5	

3.4 Transfer of plantlets to soil

At the end of the rooting phase, that is, after 4-6 weeks of growth, the well-developed plantlets are removed from their bottles and packed for shipping to the nursery. Plantlets with bare roots tolerate shipping very well. If the plastic boxes are kept slightly humid, the plantlets can survive one month at a temperature of 20-25° C. Packaged in this way, the plants travel very easily. An air shipment of 40 000 plants weighs only about 15 kg.

The transfer to soil is very easy and gives a success rate of almost 100%, provided the young plantlets are placed under a plastic cover to maintain sufficient humidity, and shaded if necessary. The plastic film is gradually opened and removed approximately 2 weeks after transplanting. These precautions guarantee a success rate close to 100%. In 4-5 weeks, the plants can be set out in the field. TKS 1 peat has proven to be the best substrate tested; unfortunately, it is very expensive.

Plants raised in clumps of earth show less tendency to terminate vegetative growth on transplanting; such termination often induces flower production, even under long daylight conditions, and hence a halt in runner formation, which is undesirable in the nursery stage.

3.5 Laboratory production conditions

The plants are raised under sterile conditions, and so it is important to avoid sources of contamination in the culture room. The culture jars are placed on shelves illuminated by daylight-type fluorescent lights. There are 3 40 W tubes per running metre. The photoperiod is 16 hours/day, 8 hours/night. The temperature of the culture room is 23-25° C. The humidity of the air is not controlled.

To distribute the work of production uniformly over the entire year, it is possible to store the plantlets in cold rooms at any stage of development. This storage at +2° C occurs in total darkness. Under these conditions, the containers holding buds which have completed proliferation will keep for more than 13 months. It is then possible to develop a large stock of plants, since each jar, 10 cm in diameter, contains 200 to 600 buds. The jars containing rooted plantlets can be kept under the same conditions for 6 to 8 months before being shipped with bare roots.

This storage makes it possible to program production with a minimum 6 months lead for all cultivars. It also permits rational utilization of the culture tables, which will permit a minimum of 8 cycles annually. Each useful square metre has a minimum production capacity of 25 000 plants per year.

There is only one stage which is difficult to distribute evenly. This is removal from the containers, which can only be done 2 to 4 weeks in advance. Fortunately, this task requires no special qualifications and can be assigned to extra staff. From 2 to 3 000 plantlets can be removed and packed each working day.

4. PERFORMANCE OF PLANTS PRODUCED BY MICROPROPAGATION

4.1 Fruit production

4.1.1 Production by microplants

In June 1974, the first production field was established. It included 7 cultivars (Domanil, Fanil, Goupil, Gorella, Senga gigana, Senga precosana and Surprise des Halles), which had been multiplied in the laboratory, acclimatized in July and planted on August 8, 1973. There were 4 640 plants, divided into 4 lots of 40 plants from each mericlone. Each of the cultivars was represented by 3 to 6 distinct mericlones. For each cultivar there were 4 lots of 40 reference plants produced from the same mericlone. For each cultivar there were 4 lots of 40 reference plants produced from the same mericlone. Each of the cultivars was represented by 3 to 6 distinct mericlones. For each cultivar there were 4 lots of 40 reference plants from our best multiplication fields. Statistical analysis of production showed no significant difference between the mericlones and the reference plants from the same cultivar. Similarly, there were no more plants affected by root diseases, probably Verticillium, among the micropropagation plants than among the reference specimens.

In the spring of 1976, a greenhouse production test of cv Senga gigana was performed with plants from the laboratory of the Breda Testing Garden, in the Netherlands. Plants from two different nurseries were used as references. A significant difference existed between the S. gigana from one nursery, 2,4 kg/m², and that from another nursery, 3,3 kg/m², while production from S. gigana produced by micropropagation the previous August was 3,2 kg/m².

In view of these preliminary findings, we felt it possible to conclude that there was no difference in behaviour between microplants and traditional plants. The improvement was entirely in terms of health, with the microplants guaranteeing constant quality, unlike those produced by traditional means. However, this improvement did not justify

the higher price charged for micropropagation plants (25 to 50% higher). As a result, we decided to use micropropagation plants solely at the nursery level, where their advantages generally outweighed the difference in price. The first generation obtained in the nursery was then used for fruit production.

4.1.2 Production by the first generation of microplants

In Belgium, AERTS (1979) notes that in 1977 and 1978, there was no significant difference between the descendants of microplants and traditional plants of cv Gorella in either weight or quality.

In 1978, R. LEMAITRE of the Strawberry Research Centre at Wépion observed the production of smaller fruit in cvs Domanil and Gorella produced from microplants than in the reference plants. A similar observation was made in 1980 in Great Britain on the cultivar Domanil, produced by micropropagation (personal communication, Dr. WALKER).

DAMIANO (1979 and 1980) has published the results of tests performed in Italy in 1978-1979, in the Po valley for Gorella and in southern Italy for Aliso, with fresh and cold-storage plants descended from microplants and from traditional plants (table 2).

In the Netherlands, DIJKSTRA performed a study in 1978 and 1979 on the behaviour of 5 clones of Gorella produced by micropropagation in vitro or by traditional methods of propagation. Three Dutch clones (NAKE 1, 2 and 3) and two Belgian clones (B. Gx and B. Gilles) were produced in the laboratory at Gembloux in May 1977 and 1978, planted outdoors in June to produce a first generation, harvested and planted at Wilhelminadorp in August 1978 or August 1979. The results of the 2 tests are given in table 3.

Table 2 Fruit production in Italy, 1979 (DAMIANO 1980)

	Gorella under cover		Gorella outdoor		Aliso	
	g/plant	g/fruit	g/plant	g/fruit	g/plant	g/fruit
<u>Fresh plants</u> produced from micro- plants	377	10,1	514	8,8**	656	10,4
produced from traditional plants	448	10,6	479*	11,1	650	10,4
<u>Cold-Storage</u> <u>plants</u> produced from micro- plants	495	13,2	512	14,5	—	—
produced from traditional plants	417	14,7	435*	14,7	725	10,0

* significant difference; ** highly significant difference.

Table 3 Comparison of Gorella clones at Wilhelminadorp (Netherlands - after DIJKSTRA)

	g/plant		g/fruit	
	1978	1979	1978	1979
1. clone B. Gx in vitro	552 a	451	13,4 a	12,2
2. clone B. Gilles (in vitro)	662 bc	471	16,8 b	15,5
3. NAKB-1 (classique)	673 bc	463	15,4 b	16,0
4. NAKB-2 (classique)	611 b	429	16,7 b	16,7
5. NAKB-3 (classique)	652 bc	425	16,2 b	16,7
6. NAKB-1 (in vitro)	633 bc	487	16,3 b	14,4
7. NAKB-2 (in vitro)	619 bc	448	16,6 b	15,2
8. NAKB-3 (in vitro)	695 c	414	15,5 b	15,6
NAKB-1+2+3 (classique)	645	439	16,1	16,5
NAKB-1+2+3 (in vitro)	649	433	16,1	15,1

In order to interpret the above results, it is important to realize that the Gorella clone used by LEMAITRE in Belgium and by DAMIANO in Italy is the same as DIJKSTRA's B. Gx clone. In fact, this is a clone which has been propagated intensively at the Gembloux laboratory since 1969, and which was used for the first tests performed at Gembloux in 1974.

In fact, this clone behaves normally in DAMIANO's cold-storage plant test, outdoor production, where it gives normal production with normal fruit dimensions. This normal production is associated with a normal erect habit in the cold-storage outdoor plants. Actually, it is very common, in plants produced by micropropagation, to observe a short, squat habit, which is reduced by cold storage or extreme heat. In all the tests using this Gorella clone and fresh plants, there is a depressive effect on the dimensions of the fruit, and, in addition, the plants are readily distinguishable: shorter, squatter habit, larger number of leaves, but with shorter petioles and reduced leaf surface, generally high number of berries. Cold storage of the plant at -2°C for several months causes the first-generation Gorella plant to "forget" its original microplant habit. The same phenomenon has been observed with cv Sivetta, produced directly in the laboratory and used for early greenhouse production, normal outdoor production and delayed production by cold storage at -2°C (NUYTEN 1977). Only this final form of culture has proven beneficial to microplants in terms of amount and quality of production. Here again, cold storage appears to offer certain benefits.

The apparently contradictory results obtained by AERTS (1979) and by ourselves in 1974 with the cv Gorella can be explained in another way. In fact, in both cases, we are dealing with stocks which had not yet been propagated very intensively before testing, and we believe that these stocks had not yet become accustomed to in vitro culture. We are currently attempting to verify this hypothesis of "habituation" or "juvenilization" with in vitro cultures of cvs Domanil, Gorella and Red Gauntlet by following the production of the microplants and their descendants through the various subcultures produced in the laboratory. It appears, however, that the cultivars do not all react in the same way as Gorella. Observations made in Italy in the spring of 1980 appear to show a normal habit for descendants of Belrubi and Pocahontas microplants. In Spain, fresh Tioga plants produced by micropropagation are considered desirable because they bear more fruit than the others while still retaining adequate dimensions. However, these results have not been systematically measured. Finally, in all observed cases, the first in vitro multiplications of a new hybrid show very high production of very large fruit.

To conclude this section, we should also point out another possible method of modifying the production of plants produced by micropropagation by modifying the conditions of in vitro culture, by changes in the hormonal balance of the solution or by modifying the conditions under which the plants are raised. It will be very interesting to follow the work performed by Professor NAUMANN's team (1979) in Hanover on microplants of the cv Senga sengana. Preliminary tests indicate increases in production of 96% over the reference plant in plantlets raised during the rooting period under specific photoperiods and thermoperiods. It is still too early to offer any conclusions, but certain results appear

extremely promising. It is clear that micropropagation modifies the physiology of the strawberry plant and that certain growing conditions as well can effect substantial changes in this physiological state. Tests now underway should enable us to achieve a better understanding of these phenomena in the near future.

4.2 Plant production

The improvement in plant production in the nursery through the use of microplants is much more evident. In fact, only 3 weeks after their transfer to soil, the young bottle-raised plants produce their first runners, when the plants are grown under long daylight conditions, with a minimum of 14 hours. These runners are produced in abundance. DAMIANO (1979) gives the original number of runners per stoll for 3 cultivars, and the number of stolons produced by a spring planting harvested the following autumn (table 4).

Table 4 Stolon production in Italy, 1978 (DAMIANO 1979)

	Original number	Number of stolons
<u>Corella</u>		
produced by micropropagation	19,5 aa	62,0 aa
produced from traditional plants	11,2 bb	39,3 bb
<u>Belrubi</u>		
produced by micropropagation	9,1 aa	26,2 aa
produced from traditional plants	6,6 bb	10,8 bb
<u>Aliso</u>		
produced by micropropagation	39,8 aa	146,3 aa
produced from traditional plants	39,8 aa	89,5 bb

Note: Aliso was produced in an irrigated lot, while the other two cultivars were not irrigated.

LEMAITRE, at Tihange, Belgium, in 1979, obtained a distinct improvement with Gorella microplants planted on April 18 and harvested on August 22.

Table 5 Stolon production in Belgium, 1979 (after R. LEMAITRE)

	Gorella (micropropagation)	Gorella (traditional)
original number	18	7
number of commercial stolon	19	5,4
number of small stolons	14,3	4,5

This tendency to produce large numbers of stolons is probably one of the manifestations of the juvenile state of the plants produced by micropropagation. Other characteristics, such as the presence of unifoliate leaves, disappear very quickly after planting. One remarkable form of behaviour in cv Bordurella reflects the juvenile state of the microplants. In fact, these may produce 5 to 7 stolons and then stop, like the traditional type, which never produces any.

Micropropagation is of real value in terms of stolon production in all cultivars, but particularly in the remontants.

The microplants in the multiplication fields generally show very good health, and the plants are frequently extremely homogeneous, if growing conditions are good.

DAMIANO (1980) points out that, while the descendants of microplants are not immune to soil parasites, they are certainly no more sensitive to infection (table 6).

Table 6 Observations of plants infected with "collasso" (DAMIANO 1980)

	% of plants affected (under cover)	% of plants affected (outdoor)
<u>Fresh plants</u> produced by micropropagation	55,00 aa*	41,66 aa
produced from traditional plants	52,91 aa	33,89 aa
<u>Cold-storage plants</u> produced by micropropagation	0 aa	2,50 aa
produced from traditional plants	8,68 bb	4,35 aa

* no significant difference - $P = 0,01$.

Certain contradictory results are noted by DAMIANO et al. (1980) and by SANSAVINI et al. (1980) on the sensitivity of the microplants themselves to "Collasso". We, for our part, have not observed any difference in the sensitivity of the microplants to Verticillium. Moreover, since the widespread introduction of microplants into French nurseries, wilt symptoms have almost entirely disappeared. It is true that flower suppression is a common technique in nurseries and that this practice could be suppressing the symptom, as SANSAVINI et al. (1980) have shown for "collasso" in the cv Gorella.

4.3 Genetic stability

Among the millions of strawberry plants produced from microplants in recent years, to my knowledge there has not been a single case of mutation. What is observed in microplants with a frequency in the range of 1 in perhaps 10 000, and regardless of the cultivar,

are cases of chlorophyllian somatic mutants. These affect all or part of a bud. Some are restricted to the stool, while others are transmitted to its descendants. This type of accident occurs with traditional propagation as well, perhaps with the same frequency. An identical phenomenon can be observed, but again with very low frequency, in plantlets still in the raising bottles.

In most cases, the chlorophyllian mosaics produced by these somatic mutations are limited to 2 or 3 leaves and do not affect descendants. Obviously, however, this depends on the point at which the mutation occurs during autogenesis of the bud. In any case, the symptoms are easy to identify and the affected stools should be removed.

Other anomalies can occasionally be observed in the microplants after their acclimatization to soil. These include various forms of June yellow, which can appear even in September. This may involve a more or less pronounced yellowish marbling or mosaic, or white striations. They are generally temporary. A number of Senga cultivars have proven to be very sensitive to this problem in the fall. However, by spring the symptoms had completely disappeared with the exception of a white striation and leaf deformation in *S. precosa*. We have not yet been able to determine whether or not microplants are more subject to the appearance of June yellow. However, it is a problem which should be watched.

SANSAVINI et al. (1980) also observe an unusual form of behaviour in plants produced by micropropagation: they flower and produce stolons at the same time, whereas in traditional plants the generative and vegetative phases occur at different periods.

We have already spoken of the unusual appearance of the microplants, with their short, squat habit, numerous small leaves and abundant cores and flowers, characteristics which appear to be

related to the stock's "habituation" to in vitro culture conditions.

We should also mention the appearance of very large fruit in the first subcultures produced in vitro in a number of cultivars. Some cases of modifications in the shape of the fruit or of fruit malformation have been observed, notably one case involving Hummi grande in Switzerland (Dr LUTZ, personal communication).

These observations probably do not all reflect genetic modification, but variants or phenotypes induced by the specific physiological conditions of the microplants. A better knowledge of these mechanisms will enable us to draw on their advantages without their disadvantages.

5. CONCLUSIONS

The experience acquired in the field of micropropagation of strawberry plants shows that, despite certain difficulties which have been generally discussed here, this technique permits the production of quality plants.

To achieve this end, the following rules must be observed:

- . begin exclusively with meristems and check the results by indexing;
- . prevent all callus and adventitious bud formation;
- . replace the stocks regularly in order to ensure heavy production of large fruit and to avoid the phenomena of habituation;
- . perform one, or perhaps two, traditional multiplications from microplants, depending on the health condition of the lots and the cultivar used. Remontants, for example, should be multiplied only once.

Observance of these standards, the speed of the process and the guarantee of health which it provides will ensure the quality of the plant produced and thus the economic viability of the operations.

Bibliography

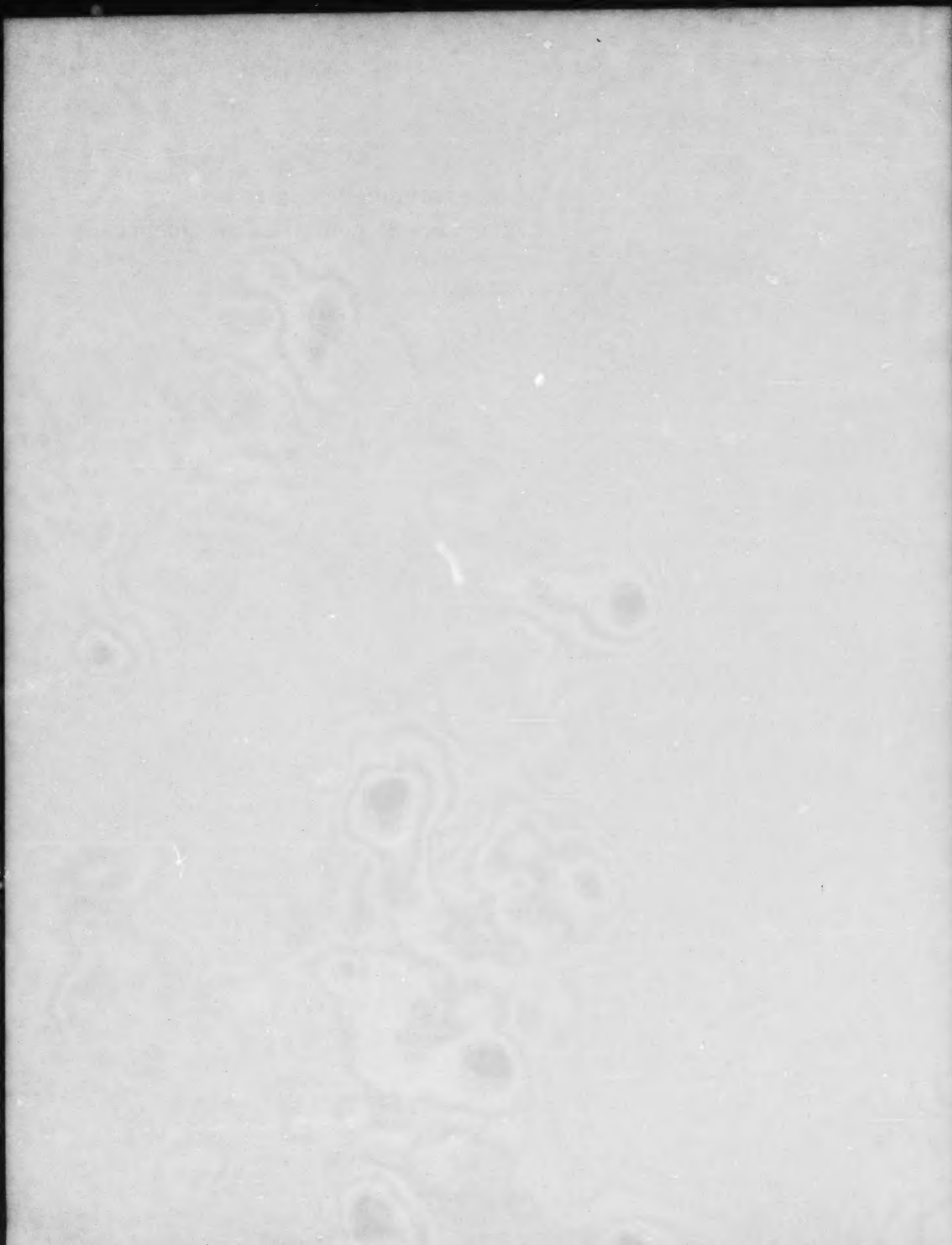
- 1 AERTS, J - 1974. Survey of viruses and mycoplasmas in strawberry. Neth J Plant Pathol, 80, 215-227.
- 2 AERTS, J - 1974 b. Verschillen in gevoeligheid van aardbeivarieteiten voor een enkelvoudig virus en een viruscomplex. Meded Fakult Landbouwwetenschappen, Ghent, 39, 1203-1215.
- 3 AERTS, J - 1979. Ervaringen met, langs microvermeerdering bekomen, virusvrije aardbeiplanten. Meded Fakult Landbouwwetenschappen, Ghent, 44, 2, 981-991.
- 4 BOXUS, P - 1974. The production of strawberry plants by in vitro micropropagation. J Hort Sci, 49, 209-210.
- 5 BOXUS, P - 1976. Rapid production of virus-free strawberry by in vitro culture. Acta Horticulturae, 66, 35-38.
- 6 BOXUS, P, M. QUOIRIN and J M LAINE - 1977. Large scale propagation of strawberry plants from tissue culture. In "Applied and Fundamental Aspects of Plant Cell, Tissue and Organ Culture". Edited by J Reinert and Y P S Bajaj, Springer-Verlag, Berlin Heidelberg, 130-143.
- 7 DAMIANO, C - 1978. Il carbone attivo nella cultura in vitro della fragola. Frutticoltura, 40, 49-50.
- 8 DAMIANO, C, W FAEDI and D. COBIANCHI - 1979. Prove di stolonizzazione in vivaio di fragole ottenue da colture in vitro. In "Incontro Nazionale sulla coltura della fragola", December 14, 1979, Ferrara, 57-64.
- 9 DAMIANO, C, W FAEDI and D COBIANCHI - 1980. Prove di stolonizzazione in vivaio e osservazioni agronomiche su piante di fragola ottenute da colture in vitro. Frutticoltura, 42, 51-60.
- 10 MOLON, P M, and J G NOURRISSEAU - 1978. Bilan des recherches réalisées par l'INRA pour lutter contre le Phytophthora cactorum du fraisier (Summary of INRA research on the control of Phytophthora cactorum in the strawberry plant). P H M - Revue Horticole, 191, 23-33.
- 11 MULLIN, R H; SMITH, S H; FRAZIER, N W; SCHLEGEL D E and McCALL, S R - 1974. Meristem culture frees strawberries of mild yellow edge, pallidosis and mottle diseases. Phytopathology, 64, 1425-1429.
- 12 NAVATEL, J C - 1979. La multiplication in vitro du fraisier (In vitro multiplication of the strawberry plant). CTIFL - Documents, 60, 53-63.

- 13 NAUMANN, W D and B SYNOWSKI - 1979. Wuchs-und Ertragsleitung von Erdbeerpflanzen nach Mikrovermehrung. Erwerbobstau, 21, 142-146.
- 14 NUYTEN, H - 1977. Meristeemcultuur... de oplossing? Groenten en Fruit, Kerstnummer, p. 77.
- 15 SANSAVINI, S and G GHERARDI - 1980. Selezione clonale e stabilità genetica di fragole micropropagate. Frutticoltura, 42, 39-46.
- 16 VAN HOOF, P - 1974. Méthode pratique de culture de méristèmes de fraisiers (Practical method for meristem culture of the strawberry plant). Bull Soc Roy Botan Belge, 107, 5-8.

Lutte rationnelle contre les ravageurs de pommiers au Québec

Rodolphe Omer Paradis

**Station de recherches
Agriculture Canada
Saint-Jean, Québec
Canada**



Résumé

Les insectes et les acariens ravageurs présents dans les pommeraies du sud-ouest du Québec sont passés en revue en fonction de leur comportement relié au développement phénologique du cultivar McIntosh ainsi qu'à des constantes thermiques. Il est fait mention également des principaux ennemis naturels de ces ravageurs.

La lutte chimique préconisée comporte cinq traitements appliqués à des stades-repères et à des dates prédéterminés; ces traitements sont dirigés contre les ravageurs prépondérants qui sont le Tétranyque rouge du pommier, *Panonychus ulmi* (Koch), la Mouche de la pomme, *Rhagoletis pomonella* (Walsh), les Punaïses *Lygus lineolaris* (P. de B.), *Lygocoris communis* (Knight) et *Lygidea mendax* Reut., la Noctuelle du fruit vert, *Orthosia hibisci* (Guenée), et le Charançon de la prune, *Conotrachelus nenuphar* (Hbst.). Des essais de piégeage sont en cours et visent essentiellement à réduire le nombre de traitements insecticides.

Note Contribution n° J. 847 de la Station de Recherches, Direction générale de la Recherche, Agriculture Canada, Saint-Jean-sur-Richelieu, Québec.

Dès le début, je tiens à souligner que cette communication a été préparée avec l'aide de collègues qui oeuvrent dans le domaine de la protection des vergers du Québec, notamment monsieur Marcel Mailloux du ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation du Québec, ainsi que messieurs Irénée Rivard et Noubar Bostanian du ministère de l'Agriculture du Canada. J'ai aussi bénéficié de certaines informations fournies par monsieur Guy Boivin, étudiant à l'Université McGill, qui poursuit des études sur le complexe des Punaies phytophages des pommeraies et par monsieur Denis Bouchard, de l'Université du Québec à Montréal, dont les recherches portent sur les pucerons du pommier.

La première partie de cette communication traite de l'entomofaune des vergers du sud-ouest du Québec telle qu'elle se présente au cours d'une saison, d'abord en relation avec les stades phénologiques des pommiers du cultivar McIntosh, nettement prédominant dans nos vergers, puis en relation avec les mois du calendrier pour le reste de la saison. A chacun de ces stades, il est fait mention des degrés-jours calculés à partir du seuil de 5° C et selon la simple méthode (maximum + minimum/2) - 5° C. Ces constantes thermiques ont été cumulées au cours des dix dernières années.

L'entomofaune comprend d'une part les ravageurs et, d'autre part, quelques-uns des principaux ennemis naturels. Etant donné le très grand nombre de ravageurs qui infestent les pommiers, nous les avons divisés en trois catégories: les *ravageurs prépondérants*, responsables de pertes économiques dans la plupart des vergers à défaut de traitements; les *ravageurs secondaires* qui occasionnent localement et épisodiquement de sérieux dégâts et les *ravageurs occasionnels* qui, le plus souvent, causent des dégâts négligeables.

Dans la deuxième partie de la communication, il sera question du programme de lutte et de dépistage mis de l'avant au cours des dernières années et que l'on tente de préciser et d'améliorer toujours davantage.

I - ENTOMOFAUNE DES VERGERS DE POMMIERS EN FONCTION DE LA PHÉNOLOGIE
STADE DORMANT AU PRINTEMPS

Période concernée: 1^{er} mars - 28 avril

Degrés-jours* au 1^{er} avril: 9

au 15 avril: 20

Ravageurs prépondérants:

Noctuelle du fruit vert

Punaise terne

Ravageur occasionnel:

Tordeuse pâle du pommier

Ennemi naturel:

Allothrombium lerouxii

* Seuil de 5° C et moyenne des 10
dernières années

Lorsque les pommiers sont encore au stade dormant au printemps (Pl. 1, fig. 1), certains insectes sortent déjà de leur hibernation et reprennent leur activité. C'est le cas précisément de la Noctuelle du fruit vert, *Orthosia hibisci* (Guenée), de la Punaise terne, *Lygus lineolaris* (P. de B.), deux insectes classés présentement comme ravageurs prépondérants dans les pommeraies du Québec, c'est-à-dire pouvant occasionner des pertes économiques dans un très grand nombre de vergers si l'on néglige de faire les traitements appropriés.

Noctuelle du fruit vert

En 1980, la première capture de papillons de la Noctuelle du fruit vert, effectuée à l'aide de pièges à phéromones, est en date du 10 avril, soit une quinzaine de jours avant la période du débourrement. Les papillons de cette espèce sont de couleur gris beige, avec tête et thorax densément recouverts de poils et des ailes d'une envergure d'environ 40 mm (Pl. II, fig. 12). Ils voltigent dans les vergers ordinairement jusqu'à la mi-mai.

Punaise terne

Les premiers adultes de la Punaise terne ont été capturés le 15 avril en 1980. Ce sont de petits insectes brun terne, de forme ovale, qui mesurent 6 mm de longueur et qui s'envolent rapidement lorsqu'ils sont inquiétés (Pl. II, fig. 3).

Tordeuse pâle du pommier

La Tordeuse pâle du pommier, *Pseudexentera mali* Free., est la seule tordeuse des vergers qui, selon nos observations, s'attaque uniquement aux pommiers, les autres tordeuses infestant à l'occasion différentes essences forestières. Elle doit son nom à la couleur blanchâtre des larves que l'on trouve bien dissimulées dans les pousses terminales des rameaux. Nous avons déjà observé les adultes de *P. mali* voltigeant dans les vergers les 8 et 9 avril alors que la température maximale journalière était de 12° C et que la neige au sol n'était pas entièrement disparue.

L'Acarien *Allothrombium lerouxii* Moss (Pl. IV, fig. 1)

Parmi les rares entomophages présents dans les vergers à cette période de l'année, il faut mentionner l'acarien *A. lerouxii* de 3,3 mm de longueur et d'un rouge velouté qui est souvent abondant immédiatement après la fonte des neiges. On le trouve dissimulé dans les feuilles mortes sur le sol et, très vorace, il s'attaque aux oeufs et aux autres formes de plusieurs espèces d'acariens et d'insectes.

DÉBOURREMENT

Le débourrement des pommiers, appelé en anglais "green tip" et que l'on traduit souvent par "bouton vert" ainsi que par "pointe verte" constitue un stade de première importance (Pl. I, fig. 2). En plus d'être le signe apparent du départ de la végétation, c'est à partir de cette époque que la tavelure, *Venturia inaequalis* (Cke.) Wint., peut s'implanter sur les

pommiers et que bon nombre de ravageurs manifestent leur présence. Dans le sud-ouest du Québec, le débourrement le plus hâtif des pommiers McIntosh a été noté le 16 avril et le plus tardif, le 13 mai; la date moyenne est cependant le 29 avril.

Date moyenne: 29 avril
Dates extrêmes: 16 avril et 13 mai
Degrés-jours: 65
Ravageur prépondérant:
Punaise terne
Ravageurs secondaires:
Eriophyide du pommier
Tordeuse à bandes rouges
Pique-bouton du pommier
Tordeuse à bandes obliques
Ravageurs occasionnels:
Pucerons des graminées
Livrée d'Amérique
Livrée des Forêts
Taupins
Ennemis naturels:
Syrphes
Coccinelles

Punaise terne

On retrouve la punaise terne qui, pour s'alimenter, pique les bourgeons floraux et les bourgeons végétatifs ce qui provoque d'abord des exsudations chez ces bourgeons puis leur dessèchement. Nous avons noté que, dans certaines plantations, la proportion de bourgeons ainsi détruits peut facilement être de l'ordre de 30 %.

Eriophyide du pommier (Pl. II, fig. 2)

L'Eriophyide du pommier, *Aculus schlechtendali* (Nal.), infeste de plus en plus fréquemment et de plus en plus sérieusement les vergers du Québec. Mesurant environ 0,07 mm de longueur, il est invisible à l'oeil nu, mais le roussissement du feuillage en cours de saison révèle facilement sa présence. Les femelles hibernantes appelées deutogynes quittent donc les écailles des bourgeons où elles ont passé l'hiver pour infester les tissus foliaires dès la période de débourrement.

Tordeuse à bandes rouges

Passant l'hiver à l'état de chrysalides dans des débris végétaux sur le sol, les premiers papillons de la Tordeuse à bandes rouges, *Argyrotaenia velutinana* (Wlk.) sont capturés à l'aide de phéromone synthétique à l'époque du débourrement. Il s'agit de petits papillons d'environ 13 mm d'envergure dont les ailes antérieures sont traversées obliquement par une bande nuancée de rouge et de brun.

Les captures des adultes de la génération hibernante se prolongent jusqu'à la mi-juin. Il arrive que ces captures soient très abondantes, mais il faut souligner que l'espèce est polyphage et que les chenilles peuvent être plus abondantes, par exemple, sur des plantes du genre *Apocynum* sp. croissant dans certains vergers que sur les pommiers eux-mêmes.

Tordeuse à bandes obliques et Pique-bouton du pommier (Pl. III, figs 4 et 8)

La Tordeuse à bandes obliques, *Archips rosaceana* (Harr.), et le Pique-bouton du pommier, *Spilonota ocellana* (D. & S.), passent l'hiver à l'état de jeunes chenilles sur les arbres. Dès la période de débourrement ces chenilles reprennent activité et se dissimulent à l'intérieur des bourgeons pour se nourrir. Les chenilles de *A. rosaceana* sont vert

jaunâtre avec tête foncée tandis que celles de *S. ocellana* sont brun chocolat.

Puceron des graminées

Parmi les quatre espèces de pucerons que l'on rencontre sur les pommiers, le Puceron des graminées, *Rhopalosiphum fitchii* (Sand.), est le premier à faire son apparition. Les populations sont rarement assez abondantes pour nécessiter des traitements. Au stade du calice, apparaissent les formes ailées qui migrent sur les graminées.

Livrée d'Amérique et Livrée des Forêts

C'est à la fin d'avril, à la période de débourrement, qu'éclosent les chenilles de *Malacosoma americanum* (F.) et de *Malacosoma disstria* Hbn. Les chenilles de chacune de ces deux espèces vivent en colonie, mais seules celles de *M. americanum* se tissent une toile aux fourches des arbres. Dans les vergers entretenus, elles sont facilement éliminées par les traitements réguliers d'insecticides. Leur développement larvaire prend fin à la mi-juin.

Taupins

On appelle ainsi les adultes des vers fil de fer. Certains de ces adultes, notamment du genre *Ctenicera* spp., grugent les bourgeons des pommiers et s'attaquent aussi aux fleurs, après quoi ils abandonnent les pommiers. Il s'agit de ravageurs occasionnels.

Syrphes

Dès l'ouverture des bourgeons, on peut observer des oeufs de Syrphes déposés sur les bourgeons infestés par le Puceron des graminées (Pl. IV, figs 2 et 3). Les larves de ces Diptères sont tout au cours de la saison d'importants prédateurs des Pucerons. D'après les études conduites par

monsieur Denis Bouchard, il y en aurait au moins sept espèces dans nos vergers.

Coccinelles (Pl. IV, fig. 3)

Au début de la saison, les Coccinelles sont nombreuses et se déplacent ici et là en quête de nourriture. On en a identifié huit espèces s'attaquant aux Pucerons.

DÉBOURREMENT AVANCÉ

Le débourrement avancé se caractérise par des feuilles qui ont au moins 12 mm de longueur. Les pomologistes américains désignent d'ailleurs ce stade par l'expression "half-inch green". Enfin, on dénomme souvent ce stade "bouton vert avancé" ou encore "oreilles de souris" (Pl. I, fig. 3). Les pommiers atteignent ce développement à la date moyenne du 2 mai, tandis que les dates extrêmes sont d'une part le 20 avril et, d'autre part, le 20 mai. Le nombre de degrés-jours alors accumulés est d'environ 85 unités. A ce stade phénologique des pommiers, apparaissent dans les vergers les premières fleurs de Pissenlit, *Taraxacum officinale* et de Trilles, *Trillium grandiflorum* et *T. erectum*.

Au débourrement avancé, on retrouve les ravageurs déjà mentionnés auxquels viennent s'ajouter le Tétranyque à deux points, *Tetranychus urticae* Koch, le Puceron rose du pommier, *Dysaphis plantaginea* (Pass.), la Mineuse marbrée, *Lithocolletis blancardella* (F.) et la Spongieuse, *Lymantria dispar* (L.).

Tétranyque à deux points

Le Tétranyque à deux points est un acarien cosmopolite et polyphage que l'on retrouve aussi bien en serre qu'en plein champ; il se classe comme ravageur secondaire des pommeraies au Québec. Les femelles hibernantes, de couleur jaune orange, font leur apparition habituellement au

débourrement avancé. On les retrouve alors sur les plantes herbacées constituant le parterre des vergers, notamment sur le *Lychnis* blanc, *Lychnis alba*. Ce n'est qu'à la fin de juin ou au début de juillet, à l'occasion d'une sécheresse ou à la suite du fauchage des plantes de couverture, que le Tétranyque à deux points envahit les pommiers. L'espèce complète cinq ou six générations dans le sud-ouest du Québec.

Date moyenne: 2 mai
Dates extrêmes: 20 avril et 20 mai
Degrés-jours: 85
Ravageurs secondaires:
 Tétranyque à deux points
 Puceron rose du pommier
Ravageurs occasionnels:
 Mineuse marbrée
 Spongieuse

Puceron rose du pommier (Pl. III, figs 2 et 3).

Les pullulations du Puceron rose du pommier ont une incidence nettement sporadique. De plus, à la mi-juin, débute une forte migration des formes ailées vers des hôtes secondaires.

Mineuse marbrée

Le complexe des mineuses du pommier au Québec comprend les espèces suivantes: *Lithocolletis malimalifoliella* (Braun), *L. scuderella* (F. & B.), *L. crataegella* Clem. et *L. blancardella* (F.). La Mineuse marbrée, *L. blancardella*, est prédominante présentement; elle complète trois générations annuellement et passe l'hiver à l'état de chrysalide dans les feuilles mortes. Les adultes font leur apparition au débourrement avancé. Au printemps 1980, nous avons procédé pour la première fois au

dépistage de *L. blancardella* au moyen d'une phéromone sexuelle synthétique.

Spongieuse

Ce déprédateur accuse une recrudescence sur les essences feuillues dans plusieurs régions du Québec. Dans certains vergers, au cours des dernières saisons, nous avons noté la présence des chenilles noirâtres et à longs poils de la Spongieuse qui se nourrissent très souvent à la surface supérieure des feuilles. Leur développement prend fin durant la deuxième quinzaine de juin. Toutefois, jusqu'à présent, ses proliférations en vergers sont occasionnelles.

PRÉ-BOUTON ROSE

A ce stade, on note l'apparition des boutons floraux, mais ceux-ci sont tous soudés les uns aux autres d'où l'expression anglaise de 'tight cluster' (Pl. 1, fig. 4). La date moyenne de l'apparition du pré-bouton rose est le 9 mai, tandis que les dates extrêmes oscillent du 29 avril au 23 mai.

Date moyenne: 9 mai
Dates extrêmes: 29 avril et 23 mai
Degrés-jours: 125
Ravageur prépondérant:
Noctuelle du fruit vert
Ravageur secondaire:
Puceron vert du pommier

Noctuelle du fruit vert (Pl. II, figs 11 et 13)

A cette époque de la saison débute l'éclosion des chenilles de la Noctuelle du fruit vert; leur développement se prolonge jusqu'à une

quinzaine de jours après la chute des pétales. Ces chenilles s'attaquent aux bourgeons et aux pousses puis aux pommes nouvellement formées sur lesquelles elles pratiquent des morsures et des cavités profondes. Elles sont vert pâle, légèrement lignées de blanc; au terme de leur développement, elles mesurent de 30 à 40 mm de longueur.

Puceron vert du pommier (Pl. III, fig. 1)

Au stade du pré-bouton rose, on note des colonies du Puceron vert du pommier, *Aphis pomi* De G, sur les pousses terminales. Cette espèce passe la saison entière sur le pommier. Les formes ailées qui apparaissent un peu plus tard contribuent à sa dispersion dans les vergers. Lorsque les populations deviennent très denses au cours de la saison, elles occasionnent de la fumagine sur le feuillage et sur les fruits.

BOUTON ROSE

A ce stade, les boutons floraux se détachent les uns des autres et, sur chacun des boutons, on perçoit une section des pétales nettement colorée de rose (Pl. 1, fig. 5). Le stade du bouton rose prend place habituellement à la mi-mai; toutefois, la date la plus hâtive a été le 6 mai, et la plus tardive, le 29 mai. A ce stade, on compte 165 degrés-jours.

Date moyenne: 15 mai
Dates extrêmes: 6 et 29 mai
Degrés-jours: 165
Ravageurs prépondérants:
Tétranyque rouge du pommier
Charançon de la prune
Ravageur secondaire:
Tordeuse du pommier

Tétranyque rouge du pommier (Pl. II, fig. 1)

Les oeufs du Tétranyque rouge du pommier, *Panonychus ulmi* (Koch), qui ont passé l'hiver sur l'écorce des branches et des troncs, éclosent en grand nombre chaque année au stade du bouton rose. Il convient de souligner que *P. ulmi* est un des pires ravageurs des pommiers au Québec. Il pullule très facilement sur les arbres, pouvant compléter six ou sept générations en une saison. Pour s'alimenter, il soutire les matières cellulaires des feuilles occasionnant leur décoloration; il réduit ainsi la vigueur de l'arbre et le développement des bourgeons à fruits; il peut enfin causer une chute prématurée des fruits. Le coût des traitements appliqués contre le Tétranyque rouge et autres acariens représentent environ 30 % du coût total des traitements effectués contre l'ensemble des ravageurs.

Charançon de la prune (Pl. II, fig. 8)

Les premiers adultes hibernants du Charançon de la prune, *Conotrachelus nenuphar* (Hbst.), font également leur apparition du stade du bouton rose. Malgré son nom, cet insecte est prépondérant dans les pommeraies du Québec et, n'ayant que très peu d'ennemis naturels, on doit recourir à des traitements insecticides pour protéger les pommes contre ses attaques.

Tordeuse du pommier (Pl. III, fig. 9)

La Tordeuse du pommier, *Archips argyrospilus* (Wlk.), se classe parmi les ravageurs secondaires. Les oeufs déposés en plaques sur l'écorce des arbres constituent le stade d'hibernation et éclosent principalement au stade du bouton rose. Les chenilles de couleur verte avec tête noire grugent les premiers éléments des tissus foliaires et les différents organes floraux; par la suite, à l'aide de soies, elles enroulent les feuilles en forme de fourreau où elles se dissimulent, dévorant ici et là le parenchyme foliaire, et s'attaquent aussi aux pommes nouvellement

formées à proximité de leur abri. Ces dégâts causés aux fruits peuvent facilement être confondus avec ceux causés à la même époque par les chenilles de la Noctuelle et celles de la Tordeuse à bandes obliques (Pl. II, fig. 13, Pl. III, fig. 10).

BOUTON ROSE AVANCÉ

Ce stade est assez rapproché du précédent. Il s'en distingue par des pétales beaucoup plus développés qui demeurent cependant soudés les uns aux autres et qui affectent la forme d'un ballon teinté de rose et de blanc (Pl. I, fig. 6). La date moyenne de l'apparition du bouton rose avancé est le 19 mai avec une accumulation de 200 degrés-jours. La date la plus hâtive a été observée le 16 mai et la plus tardive, le 15 juin.

Date moyenne: 19 mai
Dates extrêmes: 9 mai et 31 mai
Degrés-jours: 200
Ravageurs secondaires:
Lygide du pommier
Punaise de la pomme
Ravageur occasionnel:
Thrips du poirier

Le stade repère du bouton rose avancé demeure important dans les programmes de lutte contre la tavelure du pommier. Concernant les ravageurs, le développement des espèces déjà signalées se continue et à celles-ci viennent s'ajouter la Punaise de la pomme, *Lygocoris communis* (Knight), la Lygide du pommier, *Lygidea mendax* Rent. et le Thrips du poirier, *Taeniothrips inconsequens* (Uzel).

Lygide du pommier et Punaise de la pomme

Ces deux espèces de Mirides passent l'hiver à l'état d'oeufs implantés dans les brindilles et dans les pousses terminales des rameaux. Les larves éclosent au stade du bouton rose avancé; les larves de la Lygide du pommier sont rouge vermillon et celles de la Punaise de la pomme, vert pâle. Les études en cours semblent démontrer que les attaques de ces ravageurs sur les pommes sont plus importantes qu'on le croyait.

Thrips du poirier

Malgré son appellation, cet insecte suceur infeste aussi les pommiers, pruniers, cerisiers, pêchers ainsi que certaines essences forestières. Les adultes sont de couleur noire et mesurent environ 1,5 mm de longueur. Ils s'introduisent dans les fleurs de pommier en voie de développement et, pour s'alimenter, piquent les différents organes provoquant ainsi le brunissement et la nécrose des tissus. De plus, les femelles causent d'autres lésions en implantant leurs oeufs dans les pétioles des fleurs et des fruits ainsi que dans les nervures médianes des feuilles. Les larves, de couleur blanc jaunâtre, soutirent les matières cellulaires à la façon des adultes, complètent leur développement en juin puis tombent au sol pour la nymphose. L'espèce est univoltine.

PLEINE FLORAISON

A ce stade, toutes les fleurs sont ouvertes (Pl. I, fig. 7). La date moyenne de la pleine floraison est le 23 mai avec accumulation de 240 degrés-jours. La date de floraison la plus hâtive a été notée le 13 mai et la plus tardive, le 5 juin.

C'est l'époque de la pollinisation; une étude récente sur le sujet évaluant l'importance des insectes en regard de certains autres agents pollinisateurs a été conduite dans une pommeraie du sud-ouest du Québec par mademoiselle Suzanne Pion et fera sous peu l'objet d'une publication.

Date moyenne: 23 mai Dates extrêmes: 13 mai et 5 juin Degrés-jours: 240 Ravageurs prépondérants: Tétranyque rouge du pommier Charançon de la prune Ravageurs occasionnels: Hoplocampe des pommes Petit carpocapse de la pomme
--

Tétranyque rouge du pommier

A la floraison, apparaissent les premières femelles et les premiers oeufs du Tétranyque rouge du pommier. Ainsi, l'espèce a complété une première génération.

Charançon de la prune

Les adultes de ce ravageur envahissent réellement les pommiers au temps de la pleine floraison. A l'occasion, ils grignotent les pétales des fleurs pour s'alimenter.

Hoplocampe des pommes

Signalé au Canada en 1940, l'Hoplocampe des pommes, *Hoplocampa testudinea* (Klug), ne se rencontrait jusqu'à récemment que sur l'île de Vancouver, en Colombie-Britannique. Toutefois, en juin 1979, ce ravageur était trouvé pour la première fois au Québec; au printemps 1980, on le rencontrait à nouveau dans quelques vergers du sud-ouest de la Province. Cet insecte passe l'hiver à l'état de larves dans le sol et les adultes font leur apparition sur les pommiers au début de la période de floraison. Ceux-ci mesurent environ 6 mm de longueur; les ailes sont transparentes avec nervures proéminentes foncées. L'abdomen

et le thorax sont noirs à la partie dorsale et brun jaune à la partie ventrale (Pl. III, fig. 11).

La femelle introduit ses oeufs dans le réceptacle des fleurs à la base des sépales. La larve éclot à peu près au temps de la nouaison et pratique une galerie superficielle encerclant une portion du fruit. Par la suite, la larve pénètre au centre du fruit en se creusant un trou de bonne dimension près duquel s'accumulent les excréments. L'espèce est univoltine.

Petit carpocapse de la pomme

Le dépistage du Petit carpocapse de la pomme, *Grapholitha prunivora* (Walsh), à l'aide d'une phéromone synthétique, indique la présence des premiers adultes dans les vergers à la fin de la période de floraison.

Ces adultes sont des papillons minuscules de couleur terne noirâtre. Sous binoculaire, on note toutefois que les ailes antérieures sont plutôt brun foncé légèrement colorées de brun orangé et de bleu; leur envergure est d'environ 10 mm. Les chenilles à tête brune et au corps blanc rosé mesurent 8 mm de longueur au terme de leur développement. Elles se nourrissent sur les pommes à la façon de celles du Carpocapse de la pomme, *Laspeyresia pomonella* (L.). Les dégâts occasionnés sont très rarement d'importance économique.

CALICE

Le stade du calice est atteint lorsque 90 % des pétales des fleurs sont tombées, ce qui a lieu ordinairement durant les derniers jours de mai (Pl. I, fig. 8). Les dates extrêmes du calice sont le 20 mai et le 7 juin; la date moyenne, le 29 mai. La somme des degrés-jours est alors de 300 unités.

Date moyenne: 29 mai Dates extrêmes: 20 mai et 7 juin Degrés-jours: 300 Ravageurs secondaires: Carpocapse de la pomme Cochenille virgule du pommier Cochenille ostréiforme Tordeuse à bandes rouges

Carpocapse de la pomme (Pl. III, figs 6 et 7)

La première capture des adultes du *Carpocapse de la pomme*, effectuée au moyen d'une phéromone synthétique coïncide le plus souvent avec le stade du calice. A la première capture, la somme des degrés-jours calculée au seuil de 11° C et selon la méthode de Baskerville et Emin¹ est de 110 unités.

Cet insecte est mondialement connu et se classe dans plusieurs pays comme ravageur prépondérant des pommes. Au Québec, durant les deux dernières décennies, il a été toutefois considéré comme ravageur secondaire, étant supplanté par la Mouche de la pomme, *Rhagoletis pomonella* (Walsh). Les traitements insecticides appliqués régulièrement contre ce dernier insecte assurent en même temps la répression du *Carpocapse* et le maintiendrait ainsi au-dessous du seuil de nuisibilité. En fait, dans les vergers négligés, les populations du *Carpocapse* et les attaques qui en résultent sont très élevées.

1 Baskerville, G.L. et P. Emin. 1969. Rapid estimation of heat accumulation from maximum and minimum temperatures. *Ecology* 50: 514-517.

Trottier, R. 1980. Early warning system for apple pest management in Canada. *EPPO Bull.* 10: 253-257.

Cochenille virgule

La Cochenille virgule, *Lepidosaphes ulmi* (L.), passe l'hiver à l'état d'oeufs abrités sous de petits boucliers en forme de virgule collés à l'écorce des branches. Ces oeufs éclosent au stade du calice; les larves néonates ne sont mobiles que durant un court laps de temps après quoi elles se fixent à un endroit quelconque sur les brindilles, les branches et quelquefois sur les fruits pour y compléter leur cycle vital et se recouvrir progressivement d'un bouclier. C'est durant le stade mobile de l'insecte qu'il convient d'effectuer un traitement s'il y a lieu.

Cochenille ostréiforme

Munie d'un bouclier minuscule de forme ronde légèrement convexe, la Cochenille ostréiforme, *Quadraspidotus ostreaeformis* (Curt.), se distingue facilement de la Cochenille virgule. L'espèce passerait l'hiver au stade larvaire; mâles et femelles seraient présents dans les vergers au stade du calice et ce serait l'époque désignée pour une intervention. Son cycle évolutif n'a toutefois jamais fait l'objet d'étude au Québec.

Tordeuse à bandes rouges

Les chenilles de cette tordeuse, de couleur vert pâle et à tête jaune paille, sont écloses au stade du calice. Si les populations sont suffisamment abondantes c'est à ce stade qu'il faut appliquer un premier traitement.

NOUAISON

La nouaison survient environ cinq jours après le stade du calice; à ce moment, les pommes n'ont environ que 6 mm de diamètre (Pl. I, fig. 9). La date moyenne de la nouaison est le 3 juin, tandis que les dates extrêmes sont le 24 mai et le 14 juin.

Date moyenne:	3 juin
Dates extrêmes:	24 mai - 14 juin
Degrés-jours:	350
Ravageur prépondérant:	Charançon de la prune
Ravageur occasionnel:	Chalcis de la pomme
Ennemi naturel:	<i>Apanteles ornigis</i>

Charançon de la prune

Dès que les fruits sont noués, le Charançon de la prune y dépose ses oeufs marquant le fruit d'une cicatrice en forme de croissant (Pl. II, fig. 9). Dans une proportion de 80 %, les pontes de ce ravageur ont lieu en juin.

Chalcis de la pomme, Torymus varians Boh.

Ce petit Hyménoptère vert brillant mesurant de 3 à 4 mm de longueur fait son apparition au temps de la nouaison des fruits et demeure actif durant les trois semaines subséquentes. Les femelles déposent leurs oeufs directement dans les pépins des pommes; la larve se développe à l'intérieur du pépin et y passe l'hiver. Ce chalcis est un ravageur occasionnel et il arrive que ses dégâts soient confondus avec ceux de la Mouche de la pomme.

Apanteles ornigis (Weed) (Pl. IV, fig. 10)

Ce braconide joue un rôle de première importance quant à la répression des populations des Mineuses. Au cours des dernières saisons, on a constaté que dans des vergers infestés par la Mineuse marbrée le taux de parasitisme par *A. ornigis* pouvait atteindre 85 %. Les adultes de ce braconide font leur apparition à l'époque de la nouaison.

JUIN

Degrés-jours au 1^{er} juin: 325

au 15 juin: 510

Ravageurs prépondérants:

Punaise terne

Mouche de la pomme

Tétranyque rouge du pommier

Ravageurs secondaires:

Cérèse buffle

Carpocapse de la pomme

Petit carpocapse de la pomme

Tordeuse à bandes obliques

Pique-bouton du pommier

Tordeuse du pommier

Puceron lanigère du pommier

Lygide du pommier

Punaise de la pomme

Ravageurs occasionnels:

Sésie du cornouiller

Scarabée du rosier

Ennemis naturels:

Macrocentrus iridescens

Aphidoletes aphidimyza

Polynema straticorne

Itoplectis conquisitor

Ascogater quadridentatus

Amblyseius fallacis

Anystis agilis

Balaustium sp.

Punaise terne

Au cours de la première quinzaine de juin, la Punaise terne délaisse le pommier pour se confiner aux plantes de couverture.

Mouche de la pomme (Pl. II, figs 6 et 7)

Un des insectes les plus importants des vergers, la Mouche de la pomme, *Rhagoletis pomonella* (Walsh), fait son apparition à la date moyenne du 25 juin (extrêmes: 20 juin et 5 juillet). A ce moment, la somme des degrés-jours est de 450 unités établies à partir d'un seuil de 9° C et calculées selon la formule de Baskerville et Emin déjà citée. Depuis plusieurs années, la Mouche de la pomme fait l'objet de dépistage au Québec.

Tétranyque rouge du pommier

La majorité des individus au cours du mois de juin appartiennent aux 2^e et 3^e générations.

Cérèse buffle

Les oeufs hibernants de la Cérèse buffle éclosent durant la première quinzaine de juin. Les nymphes puis les adultes se nourrissent sur les plantes herbacées, de préférence sur les légumineuses.

Carpocapse de la pomme et Petit carpocapse

Les captures de ces deux espèces effectuées à l'aide de phéromones de synthèse demeurent habituellement intensives durant tout le mois de juin. L'éclosion des oeufs du Carpocapse de la pomme survient vers la mi-juin lorsque la somme des degrés-jours est de 210 unités calculées au seuil de 11° C et selon la formule de Baskerville et Emin.

Tordeuse à bandes obliques

La courbe des captures des papillons de la Tordeuse à bandes obliques débute entre le 10 et le 15 juin, puis atteint son point maximum à la fin de ce même mois et au début de juillet.

Pique-bouton et Tordeuse du pommier

A l'instar de l'espèce précédente, la présence des adultes de ces deux ravageurs est particulièrement abondante à la fin de juin et au début de juillet.

Puceron lanigère du pommier

A la mi-juin, on peut déjà noter la présence du Puceron lanigère du pommier, *Eriosoma lanigerum* (Hausm.), notamment sur les blessures non complètement cicatrisées résultant de la taille des pommiers.

Lygide du pommier et Punaie de la pomme

Les adultes de ces deux espèces univoltines apparaissent en juin (Pl. II, figs 4 et 5).

Sésie du cornouiller

Les adultes de la Sésie du cornouiller, *Thamnosphaeria scitula* (Harr.), au corps noir marqué de jaune et aux ailes transparentes, sont actifs de la fin de juin à la mi-juillet. La chenille de cette espèce est blanchâtre et se nourrit de sève en demeurant dans des tunnels sous l'écorce de pommiers qui sont déjà affaiblis et sans vigueur. Des vermoulures rougeâtres sur les écorces révèlent sa présence. Depuis 1979, cette espèce fait l'objet d'essais de dépistage.

Scarabée du rosier

Vers la mi-juin, les adultes du Scarabée du rosier, *Macroductylus subspinosus* (F.), envahissent parfois certains vergers plantés à proximité d'endroits très sablonneux. Ces coléoptères, mesurant environ 9 mm de longueur, de couleur brun jaunâtre et pourvus de longues pattes, grignotent des cavités plus ou moins profondes sur les fruits.

Macrocentrus iridensens French (Pl. IV, fig. 6)

En l'absence de traitements insecticides dans un verger expérimental, ce braconide polyembryonique a, au cours des deux dernières saisons, pratiquement éliminé les larves hibernantes et les larves de la première génération de la Tordeuse à bandes obliques. Cette espèce mérite une attention spéciale.

Aphidoletes aphidimyza (Rondani) (Pl. IV, fig. 7)

Cette cécidomyie, qui est un important prédateur du Puceron vert, du Puceron rose et du Puceron lanigère sur le pommier, apparaît au début de juin.

Polynema striaticorne Gir.

Il s'agit d'un chalcide dont les adultes apparaissent durant la première quinzaine de juin et qui est un important parasite des oeufs de la Cérèse buffle.

Itoplectis conquisitor (Say) (Pl. IV, fig. 8)

Cet endoparasite est très commun s'attaquant à une foule d'insectes, notamment aux tordeuses et au pique-bouton du pommier.

Ascogaster quadridentatus (Wes.) (Pl. IV, fig. 11)

Ce braconide d'environ 4 mm de longueur attaque les oeufs du Carpocapse de la pomme pour ensuite se développer à l'intérieur de la larve.

L'adulte apparaît à la mi-juin au moment des premières éclosions larvaires du Carpocapse. Dans les vergers commerciaux, le taux de parasitisme est d'environ 6 %, mais peut atteindre 25 %.

Amblyseius fallacis (Gar.) (Pl. IV, fig. 12), *Anystis agilis* Banks et *Balaustium* sp.

Les espèces prédatrices s'attaquant au Tétranyque rouge du pommier sont très nombreuses, mais disparaissent dans les vergers commerciaux à cause des traitements insecticides. *A. fallacis*, *A. agilis* et *Balaustium* sp. sont les seules espèces que l'on rencontre en faible nombre dans les vergers commerciaux à partir de la mi-juin.

En 1979, il y a eu un premier essai d'introduction de spécimens d'*Amblyseius fallacis* résistants à certains insecticides organophosphorés. Les résultats obtenus ont été des plus encourageants.

JUILLET

Mouche de la pomme

L'activité maximale de cet insecte prend place de la mi-juillet à la mi-août.

Tétranyque rouge du pommier

En juillet, la plupart des individus appartiennent aux 3^e et 4^e générations; les populations atteignent leur densité la plus élevée ordinairement à la fin de juillet et au début d'août.

Degrés-jours au 1^{er} juillet: 725

au 15 juillet: 950

Ravageurs prépondérants:

Mouche de la pomme

Tétranyque rouge du pommier

Charançon de la prune

Ravageurs secondaires:

Tordeuse à bandes rouges

Pique-bouton du pommier

Puceron vert du pommier

Ennemis naturels:

Trichogramma minutum

Agathis laticinctus

Diadegma obliteratus

Sarcophaga aldrichi

Charançon de la prune

Vers la mi-juillet, les larves de ce charançon quittent les pommes et pénètrent dans le sol pour passer successivement aux stades de chrysalides et d'adultes; ces derniers apparaîtront surtout durant la 3^e semaine d'août. La présence des nouveaux adultes se manifeste principalement par une augmentation des piqûres de nutrition (Pl. II, fig. 10).

Tordeuse à bandes rouges

Le début de juillet marque les premières captures des adultes de cette tordeuse qui donneront naissance à la deuxième génération.

Pique-bouton du pommier

Les chenilles de la nouvelle génération qui deviendront les chenilles hibernantes sont abondantes vers le 20 juillet.

Puceron vert du pommier

A la fin de juillet, on observe le plus souvent une nette diminution des populations du puceron vert du pommier, ce qui serait dû aux conditions climatiques et à la coriacité du feuillage.

Trichogramma minutum Riley

Dans les vergers de pommiers du Québec, ce parasite cosmopolite a souvent été observé en juiller émergeant des oeufs, entre autres, de la Tordeuse à bandes rouges et du Pique-bouton du pommier.

Agathis laticinctus (Cress.) (Pl. IV, fig. 4)

Ce braconide est un parasite très important du Pique-bouton du pommier pouvant réduire de 50 % les populations larvaires. Les adultes apparaissent vers la mi-juillet.

Diadegma obliterated (Cress.) (Pl. IV, fig. 5)

Ce parasite s'attaque aux Tordeuses, aux Olethreutides et aux Mineuses.

Sarcophaga aldrichi Park. (Pl. IV, fig. 9)

Ce tachinide s'attaque plus particulièrement aux cocons de la Livrée des forêts et peut décimer cette espèce présente dans des vergers négligés.

AOÛT

Tétranyque rouge du pommier

Cet acarien complète les 4^e et 5^e générations et, au cours du mois d'août, on peut observer les premiers oeufs d'hibernation déposés sur l'écorce des branches ou dans la cavité oculaire des pommes.

Degrés-jours au 1^{er} août: 1 200

au 15 août: 1 450

Ravageur prépondérant:

Tétranyque rouge du pommier

Ravageurs secondaires:

Carpocapse de la pomme

Petit carpocapse

Cérèse buffle

Tordeuse à bandes rouges

Puceron lanigère du pommier

Eriophyide du pommier

Carpocapse et Petit carpocapse de la pomme

Au début d'août, apparaissent les papillons de ces deux ravageurs qui donneront naissance à une deuxième génération partielle.

Cérèse buffle

Egalement au début d'août, les femelles de la Cérèse buffle délaissent les plantes herbacées et envahissent les jeunes pommiers. En plus d'implanter leurs oeufs jusque dans le liber des troncs et des brindilles, elles pratiquent deux incisions dans les écorces près de chaque porte. Lorsqu'elles sont nombreuses, ces blessures peuvent compromettre la croissance des jeunes arbres.

Tordeuse à bandes rouges

L'éclosion des chenilles de la deuxième génération de cette tordeuse est pratiquement complétée au début du mois d'août.

Puceron lanigère du pommier

C'est également au début d'août que se manifestent les proliférations du Puceron lanigère qui, depuis quelques années, sont beaucoup plus généralisées.

Eriophyide du pommier

C'est au cours du présent mois qu'apparaissent les premières femelles deutogynes qui passeront l'hiver sous les écailles des bourgeons ou dans les replis d'écorce.

II - PROGRAMME DE LUTTE ET DÉPISTAGE

Dans l'état actuel des choses, on peut difficilement envisager de produire des pommes pour fins commerciales sans recourir à un certain nombre de traitements insecticides. C'est pourquoi nous proposons des traitements de base convenant à l'ensemble des vergers et dirigés contre les ravageurs prépondérants qui sont présentement le Tétranyque rouge, la Mouche de la pomme, les Punaises phytophages, le Charançon de la prune et la Noctuelle du fruit vert. On recommande aussi, s'il y a lieu, des traitements d'appoint ou des traitements spéciaux qui tiennent compte des problèmes locaux et saisonniers.

Les traitements de base comportent une première intervention insecticide effectuée au stade du bouton rose et dirigée contre la Punaise terne et la Noctuelle du fruit vert. Cette intervention peut avoir en même temps une action répressive sur des ravageurs secondaires ou occasionnels présents à cette époque, notamment, les Livrées, la Tordeuse à bandes obliques, la Tordeuse du pommier, les Mineuses, le Pique-bouton et les Pucerons (Tableau I).

Une deuxième intervention, recommandée au stade du calice, est dirigée contre le Charançon de la prune et contre les Punaises; elle peut être

également efficace contre les Cochenilles, la Tordeuse à bandes rouges, l'Hoplocampe des pommes, la Spongieuse et, à nouveau, contre les Pucerons.

Un troisième traitement est effectué contre le Tétranyque rouge du pommier et est appliqué lorsque l'on dénombre en moyenne cinq formes mobiles de cet acarien par feuille. Il peut, le cas échéant, être combiné au traitement antérieur ou ultérieur. Cette intervention enrayera aussi les populations de l'Eriophyide du pommier et du Tétranyque à deux points.

Un quatrième et un cinquième traitement de base sont effectués respectivement vers le 10 et vers le 25 juillet contre la Mouche de la pomme; ces traitements peuvent être également efficaces contre les Carpocapses, les Pucerons, les Tordeuses et le Pique-bouton du pommier.

TABLEAU 1 Traitements de base dirigés contre les ravageurs prépondérants en regard des ravageurs secondaires ou occasionnels éventuellement présents

Epoque des traitements	Ravageurs prépondérants	Ravageurs secondaires ou occasionnels
Bouton rose	Punaise terne Noctuelle du fruit vert	Livrées, Tordeuse à bandes obliques, Tordeuse du pommier, Mineuses, Pique-bouton, Pucerons
Calice	Charançon de la prune et Punaises phytophages	Cochenilles, Tordeuse à bandes rouges, Pucerons, Hoplocampe, Spongieuse
Juin ou juillet	Tétranyque rouge du pommier	Eriophyide du pommier, Tétranyque à deux points
10 juillet	Mouche de la pomme	Carpocapses, Pucerons, Tordeuses, Pique-bouton
25 juillet	Mouche de la pomme	Carpocapses, Pucerons, Tordeuses, Pique-bouton

Concernant les traitements d'appoint ou spéciaux, leur emploi exige au préalable certaines précautions, car il se peut, par exemple, que les

populations de Mineuses que l'on désire éliminer soient fortement parasitées ou encore que les colonies de pucerons en cause comportent de nombreux prédateurs. Dans ces cas, les interventions insecticides sont non seulement inutiles, mais préjudiciables. C'est alors que la connaissance des principaux parasites et prédateurs, habituellement présents dans les vergers, devient très importante tant pour le conseiller agricole que pour l'arboriculteur lui-même.

Un programme de dépistage s'avère également très utile pour déterminer la présence de tel ou tel ravageur, la densité de la population et la nécessité des traitements. Deux sortes de pièges sont présentement employés avec succès dans certains vergers du Québec:

- . le piège à phéromone sexuelle synthétique et
- . le piège-appât basé principalement sur l'attractivité de la couleur.

Les ravageurs qui font présentement l'objet de piégeage se répartissent comme suit:

Pièges à phéromones	Pièges-appâts
Tordeuse à bandes rouges (1)	Mouche de la pomme
Carpocapse de la pomme (1)	Punaise terne (4)
Tordeuse à bandes obliques (1)	Hoplocampe des pommes (4)
Tordeuse du pommier (1)	
Petit carpocapse de la pomme (1)	
Sésie du cornouiller (2)	
Mineuse marbrée (2)	
Noctuelle du fruit vert (3)	

Le piège à phéromones renferme une capsule imprégnée d'une substance synthétique comparable à celle émise par la femelle d'une espèce donnée. Cette capsule est placée dans un piège de cargon évasé et pré-englué;

-
- (1) Zoëcon Corporation, Palo Alto, California 94304.
 - (2) Conrel, Needham Heights, Massachusetts 02194.
 - (3) Prairie Regional Laboratory, NRC Canada, Saskatoon, Sask. S7N 0W9.
 - (4) New England Insect Traps, Colrain, Massachusetts 01340.

elle peut être efficace sur une superficie d'environ deux hectares durant un mois.

Le piège-appât pour la mouche de la pomme est fait d'un carton jaune (14 x 23 cm) pré-englué et pourvu d'un appât à base de sels ammoniacaux. Il doit être placé dans les endroits les plus sujets aux attaques de la Mouche. Le piège-appât pour la Punaise terne et l'Hoplocampe des pommes est fait d'un carton (15 x 20 cm) recouvert de pigments blancs de zinc ne réfléchissant pas les radiations ultraviolettes et enduit d'une glue appelée Tangletrap^(R).

Pour la Tordeuse à bandes rouges, le Carpocapse de la pomme, la Tordeuse à bandes obliques et la Mouche de la pomme, mentionnés dans le tableau qui suit, nous sommes en mesure de fournir les dates d'installation des pièges, les périodes de piégeage et le nombre critique de captures à la fin de la période de piégeage:

Insectes	Date d'installation des pièges	Périodes des captures	Nbre critique ¹ des captures totales
Tordeuse à bandes rouges	15 avril	20 avril - 20 mai	600
Carpocapse de la pomme	15 mai	20 mai - 20 juin	20
Tordeuse à bandes obliques	25 mai	1 juin - 1 juillet	100
Tordeuse du pommier	15 juin	20 juin - 20 juillet	20
Tordeuse à bandes rouges (2 ^e gén.)	20 juin	25 juin - 25 juillet	200
Mouche de la pomme	20 juin	25 juin - 1 septembre	1
Tordeuse à bandes obliques (2 ^e gén.)	1 août	5 août - 5 septembre	100

- 1 Somme des captures de 2 pièges par verger excepté pour la Mouche de la pomme comportant 4 pièges par verger.
Les nombres critiques des captures présentés ici sont provisoires puisqu'ils pourront être ajustés à l'aide de données supplémentaires.

Les seuils critiques que nous proposons sont provisoires et, pour un bon usage de ces techniques de piégeage, l'arboriculteur fruitier non initié se doit de consulter un conseiller agricole. Pour les espèces qui n'apparaissent pas au tableau, les recherches se continuent afin d'établir avec le plus de précision possible les relations captures-dégâts.

Ce tour d'horizon sur la protection des vergers de pommiers contre ses ravageurs est nécessairement incomplet; il contribue néanmoins à démontrer la complexité des problèmes et les efforts accomplis pour en arriver à une lutte rationnelle plutôt que préventive et empirique.

Remerciements

Messieurs A. Clément, D. Pitre et L.G. Simard du ministère de l'Agriculture du Canada, ainsi que monsieur J. Touzin du ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation du Québec ont, à titre de techniciens, apporté une importante contribution aux travaux de base de cette recherche. De plus, ils ont, avec le concours de monsieur B. Drouin, graphiste au ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation du Québec, réalisé les planches en couleurs illustrant cet exposé.

PLATE I - Phenological stages in the development of McIntosh apple trees

1. Dormant
2. Green tip
3. Half-inch green
4. Tight cluster
5. Pink
6. Advanced pink
7. Full bloom
8. Petal fall
9. Fruit set

Photos:

L.G. Simard

PLANCHE I - Stades phénologiques du développement des pommiers McIntosh

1. Stade dormant
2. Débourrement
3. Débourrement avancé
4. Pré-bouton rose
5. Bouton rose
6. Bouton rose avancé
7. Pleine floraison
8. Calice
9. Nouaison

Photographies:

L.G. Simard

Planche I





PLATE II - Major apple pests

1. Female European red mite, *Panonychus ulmi* (Koch); length 0,39 mm.
2. Specimens of the apple rust mite, *Aculus schlechtendali* (Nal.); length 0,07 mm.
3. Tarnished plant bug, *Lygus lineolaris* (P. de B.); length 5,6 mm.
4. Apple redbug, *Lygidea mendax* Reut; length 6,6 mm.
5. Green apple bug, *Lycogoris communis* (Knight); length 5,6 mm.
6. Apples attacked by the apple maggot, *Rhagoletis pomonella* (Walsh).
7. Male apple maggot; body length 5 mm.
8. Adult plum curculio, *Conotrachelus nenuphar* (Hbst.); length 5 mm.
9. Egg punctures of the plum curculio on newly set apples.
10. Feeding punctures of the plum curculio.
11. Caterpillar of the green fruitworm, *Orthosia hibisci* (Guenée).
12. Adult green fruitworm; wingspan 40 mm.
13. Scar on ripe apple caused by the caterpillar of the green fruitworm.

Photos:

- L.G. Simard, No. 1, 2, 3, 4, 6, 7, 8, 10, 11, 13
B. Drouin, No. 5, 9

PLANCHE II - Principaux ravageurs des pommiers

1. Femelle du Tétranyque rouge du pommier, *Panonychus ulmi* (Koch); long. 0,39 mm.
2. Spécimens de l'Eriophyide du pommier, *Aculus schlechtendali* (Nal.); long. 0,07 mm.
3. Punaise terne, *Lygus lineolaris* (P. de B.); long. 5,6 mm.
4. Lygide du pommier, *Lygidea mendax* Reut; long. 6,6 mm.
5. Punaise de la pomme, *Lygocoris communis* (Knight); long 5,6 mm.
6. Pommes attaquées par la Mouche de la pomme, *Rahgoletis pomonella* (Walsh).
7. Mâle de la Mouche de la pomme; long. du corps 5 mm.
8. Adulte du Charançon de la prune, *Conotrachelus nenuphar* (Hbst.); long. 5 mm.
9. Piqûres de ponte du Charançon de la prune sur pommes fraîchement nouées.
10. Piqûres de nutrition du Charançon de la prune.
11. Chenille de la Noctuelle du fruit vert, *Orthosia hibisci* (Guenée).
12. Adulte de la Noctuelle du fruit vert; envergure des ailes 40 mm.
13. Dégât cicatrisé sur pomme mûre causé par la chenille de la Noctuelle du fruit vert.

Photographies:

L.G. Simard, nos 1, 2, 3, 4, 6, 7, 8, 10, 11, 13

B. Drouin, nos 5, 9

Planche II

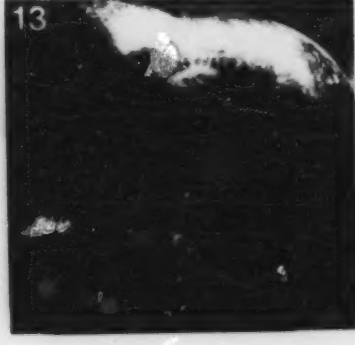
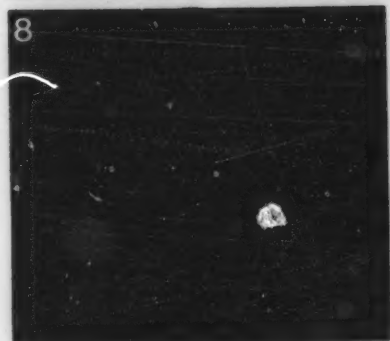
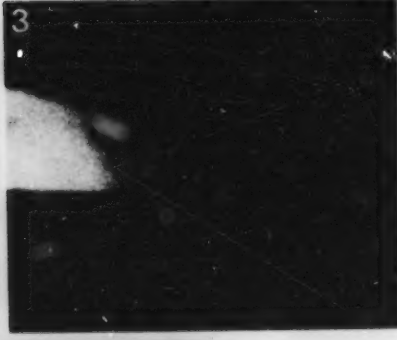




PLATE III - Secondary apple pests

1. Wingless forms of the apple aphid, *Aphis pomi* De G.
2. Wingless forms of the rosy apple aphid, *Dysaphis plantaginea* (Pass.).
3. Colonies of the rosy apple aphid on a leading shoot.
4. Adult oblique-banded leaf roller, *Archips rosaceana* (Harr.);
length 11,5 mm.
5. Apples attacked by the caterpillar of the oblique-banded leaf roller.
6. Adult codling moth, *Laspeyresia pomonella* (L.); length 10 mm.
7. External appearance of a fruit containing the larva of the codling moth.
8. Adult and pupa of the eye-spotted bud moth, *Spilonota ocellana*
(D. & S.); length of adult 7,5 mm.
9. Adult and nymphal cuticle of the fruit-tree leaf roller, *Archips*
argyrospilus (Wlk.); length of adult 10,6 mm.
10. Scars caused by caterpillars of the fruit-tree leaf roller on mature
apples.
11. Adult european apple sawfly, *Hoplocampa testudinea* (Klug); length
6 mm.

Photos:

B. Drouin, No. 1, 2, 3, 8, 11

L.G. Simard, No. 4, 5, 6, 7, 9, 10

PLANCHE III - Ravageurs secondaires des pommiers

1. Formes aptères du Puceron vert du pommier, *Aphis pomi* De G.
2. Formes aptères du Puceron rose du pommier, *Dysaphis plantaginea* (Pass.).
3. Colonies du Puceron rose du pommier sur une pousse terminale.
4. Adulte de la Tordeuse à bandes obliques, *Archips rosaceana* (Harr.); long. 11,5 mm.
5. Pommes attaquées par la chenille de la Tordeuse à bandes obliques.
6. Adulte du Carpocapse de la pomme, *Laspeyresia pomonella* (L.); long. 10 mm.
7. Apparence extérieure d'un fruit renfermant la larve du Carpocapse de la pomme.
8. Adulte et chrysalide du Pique-bouton du pommier, *Spilonota ocellana* (D. & S.); long. de l'adulte 7,5 mm.
9. Adulte et cuticule nymphale de la Tordeuse du pommier, *Archips argyrospilus* (Wlk.); long. de l'adulte 10,6 mm.
10. Dégâts cicatrisés causés par les chenilles de la Tordeuse du pommier sur des pommes parvenues à maturité.
11. Adulte de l'Hoplocampe des pommes *Hoplocampa testudinea* (Klug); long. 6 mm.

Photographies:

B. Drouin, nos 1, 2, 3, 8, 11

L.G. Simard, nos 4, 5, 6, 7, 9, 10

Planche III

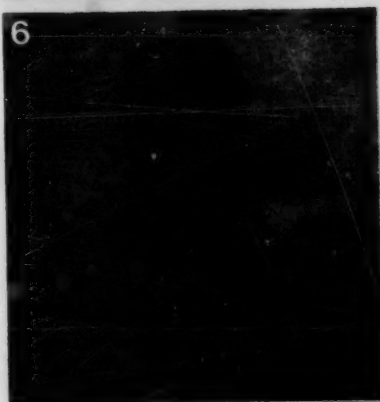
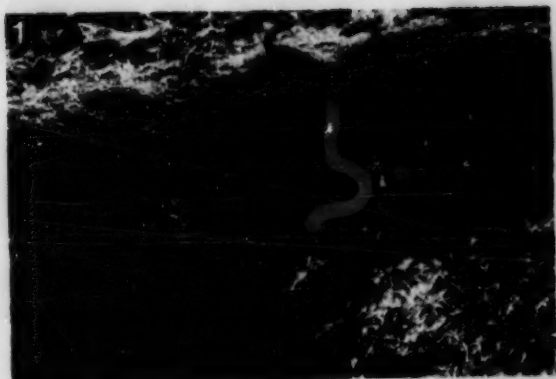




PLATE IV - Some natural enemies of apple pests

1. *Allothrombium lerouxii* Moss; length 3,3 mm.
2. Syrphid egg; length 1 mm.
3. Syrphid larva.
- 3a. Predatory ladybirds
4. *Agathis laticinctus* (Cresson); length 4,2 mm.
5. *Diadegma obliteratus* (Cresson); length 4,5 mm.
6. *Macrocentrus iridescentis* French; length 3,2 mm.
7. *Aphidoletes aphidimyza* (Rondani); length 1,8 mm.
8. *Itopectis conquisitor* (Say); length 8,2 mm.
9. *Sarcophaga aldrichi* (Park.); length 4,3 mm.
10. *Apanteles ornigis* (Weed); length 2,3 mm.
11. *Ascogaster quadridentatus* Wes.; length 4,3 mm.
12. A colony of *Amblyseius fallacis* (Garman); length of adult 0,32 mm.

Photos:

B. Drouin, No. 1

J. Touzin, No. 2, 3, 3a

L.G. Simard, No. 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12

PLANCHE IV - Certains ennemis naturels des ravageurs des pommiers

1. *Allothrombium lerouxii* Moss; long. 3,3 mm.
2. Oeuf de Syrphide; long. 1 mm.
3. Larve de Syrphide.
- 3a. Coccinelles prédatrices.
4. *Agathis laticinctus* (Cresson); long. 4,2 mm.
5. *Diadegma obliterated* (Cresson); long. 4,5 mm.
6. *Macrocentrus iridescent* French; long. 3,2 mm.
7. *Aphidoletes aphidimyza* (Rondani); long. 1,8 mm.
8. *Itopectis conquisitor* (Say); long. 8,2 mm.
9. *Sarcophaga aldrichi* (Park.); long. 4,3 mm.
10. *Apanteles ornigis* (Weed); long. 2,3 mm.
11. *Ascogaster quadridentatus* Wes.; long. 4,3 mm.
12. Colonie d'*Amblyseius fallacis* (Garman); long. de l'adulte, 0,32 mm.

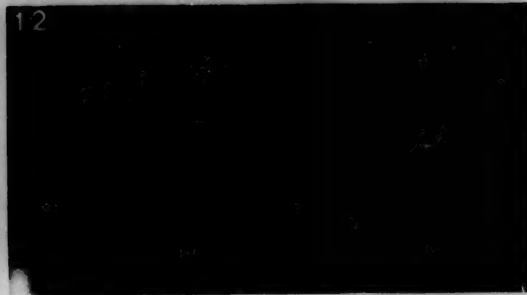
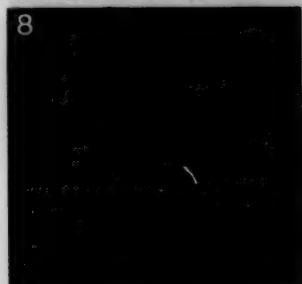
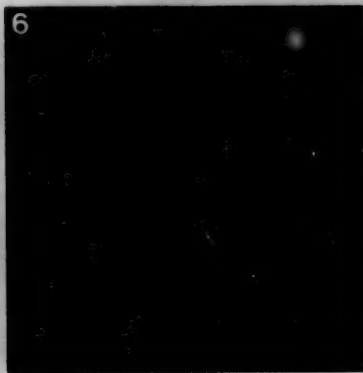
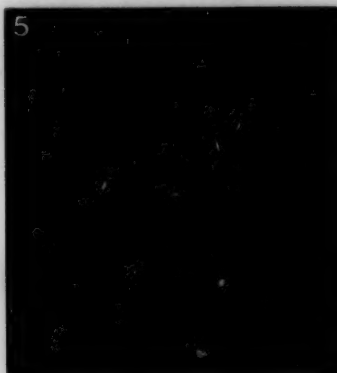
Photographies:

B. Drouin, no 1

J. Touzin, nos 2, 3, 3a

L.G. Simard, nos 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12

Planche IV





Pest Management Approach in Québec Apple Orchards

Rodolphe Omer Paradis

**Research Station
Agriculture Canada
Saint-Jean, Québec
Canada**



Abstract

The appearance and behaviour of phytophagous insects and mites occurring in apple orchards in southwestern Québec are presented along with the phenological development of the cultivar McIntosh coupled with degree-day summations. Natural enemies of these pests are also mentioned.

Chemical control measures require five pesticide treatments applied at different apple bud development stages and pre-determined dates. These treatments are directed against the major pests, viz. the European red mite, *Panonychus ulmi* (Koch), the apple maggot, *Rhagoletis pomonella* (Walsh), the bugs *Lygus lineolaris* (P. de B.), *Lycogoris communis* (Knight) and *Lygidea mendax* Reut., the green fruitworm, *Orthosia hibisci* (Guénéé), and the plum curculio, *Conotrachelus nenuphar* (Hbst.). Monitoring techniques are being evaluated with the aim of reducing pesticide treatments in apple orchards.

Note Contribution No. J. 847, Research Station, Research Branch, Agriculture Canada, Saint-Jean-sur-Richelieu, Québec.

First of all, I want to emphasize that this paper has been prepared with the assistance of my colleagues in the field of orchard protection in Québec, Mr. Marcel Mailloux of the Québec Department of Agriculture, Fisheries and Food, and Messrs. Irénée Rivard and Noubar Bostanian of Agriculture Canada. I have also made use of certain information provided by Mr. Guy Boivin, a student at McGill University, who is studying the complex of phytophagous plant bugs in apple orchards, and by Mr. Denis Bouchard, of the Université du Québec à Montréal, whose research deals with apple aphids.

The first part of this paper deals with the entomofauna of the apple orchards of southwestern Québec as it appears over the course of a season, first in relation with the phenological development of the cultivar McIntosh, which clearly predominates in our orchards, and then in relation to the calendar months for the rest of the season. For each of these stages, we give degree-days, calculated above 5° C by the simple method of $(\text{maximum} + \text{minimum}/2) - 5^{\circ} \text{C}$. These thermal constants have been collected over the past ten years.

The entomofauna includes both pests and some of their principal natural enemies. Given the very large number of pests which attack apple trees, we have divided them into three categories: *major pests*, responsible for economic losses in most orchards unless treated; *secondary pests*, which cause serious local and episodic damage, and *occasional pests*, which in most cases cause negligible damage.

In the second part of the paper, we deal with the program of monitoring and control developed in recent years and further attempt to expand and improve upon it.

I - ENTOMOFAUNA OF APPLE ORCHARDS IN RELATION TO PHENOLOGY
SPRING DORMANCY

Period concerned: March 1 - April 28

Degree-days* as of April 1: 9

as of April 15: 20

Major pests:

Green fruitworm

Tarnished plant bug

Occasional pests:

Pale apple leaf roller

Natural enemy:

Allothrombium lerouxii

* Above 5° C, average of past 10 years

When the apple trees are still in their period of spring dormancy (Pl. I, fig. 1), certain insects are already emerging from hibernation and beginning their activity. This is true of the green fruitworm, *Orthosia hibisci* (Guenée), and of the tarnished plant bug, *Lygus lineolaris* (P. de B.), two insects currently classified as major pests in Québec's apple orchards, that is, capable of causing economic losses in a very large number of orchards if untreated.

Green fruitworm

In 1980, the first catch of green fruitworm moths, by means of pheromone traps, occurred on April 10, approximately two weeks before the green-tip stage of the buds. The moths of this species are a greyish beige in colour, with densely hairy head and thorax and a wingspan of approximately 40 mm (Pl. II, fig. 12). They fly about in orchards normally until mid-May.

Tarnished plant bug

The first adults of the tarnished plant bug were captured on April 15,

in 1980. They are small, oval-shaped, dull brown insects, measuring 6 mm in length, which fly away rapidly when disturbed (Pl. II, fig. 3).

Pale apple leaf roller

The pale apple leaf roller, *Pseudexentera mali* Free., is the only apple leaf roller which, according to our observations, attacks only apple trees, since other leaf rollers eventually infest various forest species. It owes its name to the whitish colour of the larvae, which are found well hidden in the leading shoots of the branches. We have occasionally observed *P. mali* adults flying about the orchards on April 8 and 9, when the maximum daily temperature was 12° C and the snow on the ground had not completely disappeared.

Allothrombium lerouxii Moss (Pl. IV, fig. 1)

Among the rare entomophagous species present in orchards at this time of the year, we should mention the mite *A. lerouxii*, which is 3,3 mm long and a velvety red, and is often plentiful immediately following the melting of the snow. It can be found hidden in dead leaves on the ground and it voraciously attacks the eggs and other forms of various species of mites and insects.

GREEN TIP

The budding of the apple trees, known in English as 'green tip' and frequently translated into French as 'bouton vert' or 'pointe verte', is an extremely important stage (Pl. I, fig. 2). Besides being the first visible sign of renewed growth, it is at this period that apple scab, *Venturia inaequalis* (Cke.) Wint., may infect apple trees and that many pests make their presence known. In southwestern Québec, the earliest date for the green tip stage in McIntosh trees has been noted on April 16 and the latest on May 13; the average date however is April 29.

Average date: April 29
Extreme dates: April 16 and May 13
Degree-days: 65
Major pest:
 Tarnished plant bug
Secondary pests:
 Apple rust mite
 Red-banded leaf roller
 Apple budmoth
 Oblique-banded leaf roller
Occasional pests:
 Apple grain aphid
 Tent caterpillar
 Forest tent caterpillar
 Click beetles
Natural enemies:
 Syrphid flies
 Lady beetles

Tarnished plant bug

Here again we find the tarnished plant bug, which feeds by puncturing the flower and leaf buds, thus causing them to exsude fluid and dry out. We have observed that, in some plantings, the proportion of buds thus destroyed can easily be in the range of 30 %.

Apple rust mite (Pl. II, fig. 2)

The apple rust mite, *Aculus schlechtendali* (Nal.), is an increasingly frequent and serious pest in Québec's apple orchards. Measuring approximately 0,07 mm in length, it is invisible to the naked eye, but as the season progresses and leaves turn brown, its presence becomes

readily apparent. The hibernating females, described as deutogynes, leave the bud scales in which they have passed the winter to attack foliar tissue during the green tip stage.

Red-banded leaf roller

After spending the winter in pupal form in plant litter on the ground, the first moths of the red-banded leaf roller, *Argyrotaenia velutinana* (Wlk.), are caught by means of synthetic pheromones at the green tip stage. These are small moths with a wingspan of approximately 13 mm, the forewings having an oblique shaded band of red and brown.

Adults of the hibernating generation continue to be caught until mid-June. Sometimes large numbers are captured, but it should be emphasized that the species is polyphagous and that the caterpillars may be present in greater quantities, for example, on plants of the genus *Apocynum* sp. growing in certain orchards than on the apple trees themselves.

Oblique-banded leaf roller and Apple budmoth (Pl. III, figs. 4 and 8)

The oblique-banded leaf roller, *Archips rosaceana* (Harr.), and the apple budmoth, *Spilonota ocellana* (D. & S.), spend the winter as young caterpillars on the trees. During the green tip stage these caterpillars begin their activities again, hiding inside the buds to feed.

A. rosaceana caterpillars are yellowish green with darker heads, while *S. ocellana* are chocolate brown.

Apple grain aphid

Of the four species of aphids found on apple trees, the apple grain aphid, *Rhopalosiphum fitchii* (Sand.), is the first to make its appearance. Populations are rarely large enough to require treatment. At the calyx stage, the winged forms appear, and then migrate to various grains and grasses.

Eastern tent caterpillar and Forest tent caterpillar

At the end of April, at the green tip stage, the caterpillars of *Malacosoma americanum* (F.) and *Malacosoma disstria* Hbn. appear. The caterpillars of both species live in colonies, but only those of *M. americanum* spin webs in the forks of the trees. In carefully maintained orchards, they are readily eliminated by regular applications of insecticide. Their larval stage is completed by mid-June.

Click beetles

These are the adults of the wireworms. Some of these adults, particularly those of the genus *Ctenicera* spp., eat the buds of the apple trees and attack the blossoms as well, after which they leave the apple trees. They are occasional pests.

Syrphid flies

At the green tip stage, it is possible to find syrphid eggs laid on buds infested by the apple grain aphid (Pl. IV, figs. 2 and 3). The larvae of these Diptera are among the major predators of aphids throughout the entire season. According to studies carried out by Mr. Denis Bouchard, there are at least seven species in our orchards.

Lady beetles (Pl. IV, fig. 3a)

Early in the season, we find large numbers of lady beetles moving about in search of food. Eight species which attack aphids have been identified.

HALF-INCH GREEN

Advanced budding is characterized by leaves at least 12 mm in length. American pomologists use the expression 'half-inch green' to describe this stage. In French, it is often known as 'bouton vert avancé' or

'oreilles de souris' (Pl. I, fig. 3). Apple trees reach this stage of development at an average date of May 2, while the extreme dates are April 20 and May 20. Degree-days accumulated by this point total approximately 85 units. At this phenological stage, the first dandelions, *Taraxacum officinale*, and trilliums, *Trillium grandiflorum* and *T. erectum*, appear in the orchards.

At the half-inch green stage, we find the pests already listed, plus the two-spotted spider mite, *Tetranychus urticae* Koch, the rosy apple aphid, *Dysaphis plantaginea* (Pass.), the leaf miner, *Lithocolletis blancardella* (F.) and the gypsy moth, *Lymantria dispar* (L.).

Average date: May 2
Extreme dates: April 20 and May 20
Degree-days: 85
Secondary pests:
Two-spotted spider mite
Rosy apple aphid
Occasional pests:
Apple miner
Gypsy moth

Two-spotted spider mite

The two-spotted spider mite is a cosmopolitan and polyphagous mite found in greenhouses as well as in the field; it is classed as a secondary pest of Québec apple orchards. The hibernating females, which are an orangeish yellow in colour, normally appear at the half-inch green stage. At this point they are found on herbaceous plant growing in the orchards, particularly white campion, *Lychnis alba*. It is not until late June or early July, when the cover crops have dried up or been moved back, that the two-spotted spider mite attacks the apple trees. The species

completes five or six generations in southwestern Québec.

Rosy apple aphid (Pl. III, figs. 2 and 3)

Heavy infestations of the rosy apple aphid occur only very sporadically. In addition, in mid-June, there is a heavy migration of the winged forms to secondary hosts.

Leaf miners

The complex of leaf miners in Québec includes the following species:

Lithocolletis malimalifoliella (Braun), *L. scuderella* (F. & B.), *L. crataegella* Clem., and *L. blancardella* (F.). *L. Blancardella* is currently predominant; it completes three generations annually and spends the winter as a pupa in the dead leaves. The adults make their appearance at the half-inch green stage. During the spring of 1980, we monitored *L. blancardella* for the first time, by means of a synthetic sexual pheromone.

Gypsy moth

There has been a renewed outbreak of this pest on deciduous species in several regions of Québec. In some orchards, in recent seasons, we have observed the presence of the blackish, long-haired caterpillars of the gypsy moth, which often feed on the upper surface of the leaves. Their development is completed by the second half of June. However, to date, heavy infestations of orchards have occurred only occasionally.

TIGHT CLUSTER

At this stage, flower buds begin to appear, but they are all clustered tightly together; hence the English expression 'tight cluster' (Pl. I, fig. 4). The average date for the appearance of the tight cluster is May 9, while the extreme dates range from April 29 to May 23.

Average date: May 9
Extreme dates: April 29 and May 23
Degree-days: 125
Major pest: Green fruitworm
Secondary pest: Apple aphid

Green fruitworm (Pl. II, figs. 11 and 13)

At this point in the season, the caterpillars of the green fruitworm appear; they continue to develop until approximately two weeks after petal-fall. These caterpillars attack the buds and new shoots and later the newly formed apples, in which they leave deep holes and cavities. They are pale green, lightly lined in white; at full size, they measure 30 to 40 mm in length.

Apple aphid (Pl. III, fig. 1)

At the tight cluster stage, we observe colonies of the apple aphid, *Aphis pomi* De G, on the leading shoots. This species spends the entire season on the apple tree. The winged forms, which appear somewhat later, enable it to spread throughout the orchards. When populations become extremely dense during the course of the season, they cause sooty fungus on the foliage and fruit.

PINK BUD

At this stage, the flower buds become separated from one another and each bud shows a distinctly pink section of petals (Pl. I, fig. 5). The pink bud stage normally occurs in mid-May; however, the earliest date has been May 6, and the latest, May 29. At this stage, there has been a total of 165 degree-days.

Average date: May 15 Extreme dates: May 6 and 29 Degree-days: 165 Major pests: European red mite Plum curculio Secondary pest: Fruit-tree leaf roller

European red mite (Pl. II, fig. 1)

The eggs of the European red mite, *Panonychus ulmi* (Koch), which have spent the winter on the bark of the branches and trunks, hatch in large numbers each year at the pink bud stage. It should be noted that *P. ulmi* is one of the worst apple pests in Québec. It multiplies very readily on the trees, and can complete six or seven generations in a season. In order to feed, it sucks out the cellular material from the leaves, leaving them discoloured; it thus reduces the vigour of the tree and the development of the fruit buds; it can even cause premature dropping of the fruit. The cost of treatments applied against the European red mite and other mites represents approximately 30 % of the total cost of treatments against all pests.

Plum curculio (Pl. II, fig. 8)

The first hibernating adults of the plum curculio, *Conotrachelus nenuphar* (Hbst.), also appear at the pink bud stage. Despite its name, this insect is found predominantly in Québec's apple orchards and, because it has very few natural enemies, insecticides must be used to protect the apples from its attacks.

Fruit-tree leaf roller (Pl. III, fig. 9)

The fruit-tree leaf roller, *Archips argyrospilus* (Wlk.), is classified as a secondary pest. The eggs, laid in patches on the bark of the trees, constitute the hibernation stage and hatch primarily during the pink bud stage. The caterpillars, which are green with black heads, eat the first elements of the foliar tissues and the various floral organs; then, using strands of silk, they roll the leaves into sheaths in which they hide, eating the foliar parenchyma here and there and also attacking newly formed apples in the vicinity of their shelter. The damage caused to the fruit can be easily confused with that caused at the same period by the caterpillars of the green fruitworm and those of the oblique-banded leaf roller (Pl. II, fig. 13, Pl. III, fig. 10).

ADVANCED PINK BUD

Average date: May 19
Extreme dates: May 9 and May 31
Degree-days: 200
Secondary pests:
Apple redbug
Green apple bug
Occasional pest:
Pear thrips

This stage is fairly closely related to the preceding one. It is distinguished by the fact that the petals are much more highly developed but are still clustered together, forming a pink and white balloon (Pl. I, fig. 6). The average date of appearance of the advanced pink bud stage is May 19, with an accumulated total of 200 degree-days. The earliest observed date has been May 16 and the latest, June 15.

The advanced pink bud stage is still an important one in scab control programs. In terms of pests, the species already mentioned continue to develop, along with the green apple bug, *Lycogoris communis* (Knight), the apple redbug, *Lygidea mendax* Reut. and the pear thrips, *Taeniothrips inconsequens* (Uzel).

Apple redbug and Green apple bug

These two species of mirid bugs spend the winter as eggs hidden in the twigs and leading shoots of the branches. The larvae emerge at the advanced pink bud stage; the larvae of the apple redbug are bright red and those of the green apple bug are pale green. Current studies appear to indicate that these pests do more damage to apples than was previously believed.

Pear thrips

Despite its name, this insect also attacks apple, plum, cherry and peach trees, as well as certain forest species. The adults are black and measure approximately 1,5 mm in length. They burrow into the developing apple blossom and feed by puncturing the various organs, thus causing tissues to turn brown and die. In addition, the females cause other lesions by implanting their eggs in the petioles of the flowers and fruit and in the central veins of the leaves. The larvae, which are yellowish white in colour, drain the cellular material in the same way as the adults, complete their development in June and then fall to the ground for the pupa stage. The species is univoltine.

FULL BLOOM

At this stage, all the blossoms are open (Pl. I, fig. 7). The average date of full bloom is May 23, with an accumulated total of 240 degree-days. The earliest observed date of flowering has been May 13 and the latest, June 5.

Average date: May 23
Extreme dates: May 13 and June 5
Degree-days: 240
Major pests:
 European red mite
 Plum curculio
Occasional pests:
 European apple sawfly
 Lesser apple worm

This is the period of pollinization; a recent study on this topic assessing the importance of insects with respect to certain other pollinizing agents has been conducted in an orchard in southwestern Québec by Miss Suzanne Pion and is soon to be published.

European red mite

The first females and the first eggs of the European red mite appear during the flowering stage. The species has thus completed its first generation.

Plum curculio

The adults of this pest actually invade the apple trees during the full bloom period. At this time, they feed on the petals of the flowers.

European apple sawfly

First noted in Canada in 1940, the European apple sawfly, *Hoplocampa testudinea* (Klug), was found until recently only on Vancouver Island, in British Columbia. However, in June 1979, this pest was observed for the first time in Québec; in the spring of 1980, it was again found in a number

of orchards in the southwestern part of the Province. This insect spends the winter in the larval state on the ground and the adults appear on the apple trees at the beginning of the flowering period. They measure approximately 6 mm in length; their wings are transparent with prominent dark ribs. The abdomen and thorax are black on the dorsal portion and yellowish brown on the ventral portion (Pl. III, fig. 11).

The female lays her eggs in the flower receptacle at the base of the sepals. The larva hatches during the fruit-setting stage and excavates a superficial gallery around part of the fruit. Later, the larva burrows to the centre of the fruit, leaving a large hole surrounded by excrement. The species is univoltine.

Lesser apple worm

Monitoring of the lesser apple worm, *Grapholitha prunivora* (Walsh), by means of a synthetic pheromone, indicates the presence of the first adults in the orchards towards the end of the flowering period.

These adults are minuscule moths, a tarnished black in colour. Under the binocular lens, however, their forewings are more a dark brown with light orange brown and blue markings; they have a wingspan of approximately 10 mm. The caterpillars, which have brown heads and pinkish white bodies, measure 8 mm in length at full size. They feed on the apples in the same way as the codling moth, *Laspeyresia pomonella* (L.). The damage which they cause is very rarely of economic importance.

PETAL FALL

The calyx stage is reached when 90 % of the petals of the flowers have fallen, which usually occurs during the last days of May (Pl. I, fig. 8). The extreme dates for the petal fall are May 20 and June 7; the average date is May 29. Degree-days to this point total 300 units.

Average date: May 29
Extreme dates: May 20 and June 7
Degree-days: 300
Secondary pests:
Codling moth
Oystershell scale
European fruit scale
Red-banded leaf roller

Codling moth (Pl. III, figs. 6 and 7)

The first adults of the codling moth are usually captured, by means of a synthetic pheromone, during the petal fall. At this point, degree-days above 11° C, calculated by the Baskerville and Emin method¹, total 110 units.

This insect is known around the world and is classified in several countries as a major apple pest. In Québec, however, for the past two decades, it has been considered a secondary pest, having been replaced by the apple maggot, *Rhagoletis pomonella* (Walsh). Regular applications of insecticides to control this insect act against the codling moth as well and keep it below the damage level. In fact, in neglected orchards, codling moth populations are quite large and they do considerable damage.

Oystershell scale

The oystershell scale, *Lepidosaphes ulmi* (L.), spends the winter in the

1 Baskerville, G.L. and P. Emin. 1969. Rapid estimation of heat accumulation from maximum and minimum temperatures. *Ecology* 50: 514-517.

Trottier, R. 1980. Early warning system for apple pest management in Canada. *EPPO Bull* 10: 253-257.

egg stage hidden under small comma-shaped scales attached to the bark of the branches. These eggs hatch during the petal fall; the new larvae are mobile for only a short period of time, after which they attach themselves somewhere on the twigs, branches or occasionally fruit to complete their life cycle and to cover themselves over progressively with scales. It is during the insect's mobile stage that treatment should occur, if required.

European fruit scale

With its tiny, round, slightly convex scale, the European fruit scale, *Quadraspidiotus ostreaeformis* (Curt.), can be readily distinguished from the oystershell scale. The species is believed to spend the winter in the larva stage; males and females are present in the orchards at the calyx stage and this is the best time for control. However, its evolutionary cycle has never been studied in Québec.

Red-banded leaf roller

The caterpillars of this leaf roller, which are pale green with straw yellow heads, hatch during the calyx stage. If the populations are large enough, this is the stage at which the first treatment should be applied.

FRUIT SET

Average date: June 3
Extreme dates: May 24 - June 14
Degree-days: 350
Major pest:
Plum curculio
Occasional pest:
Apple-seed chalcid
Natural enemy:
<i>Apanteles ornigis</i>

Setting occurs approximately five days after the calyx stage; at this point, the apples are only about 6 mm in diameter (Pl. I, fig. 9). The average date for setting is June 3, while the extreme dates are May 24 and June 14.

Plum curculio

As soon as the apples have set, the plum curculio lays its eggs on them, leaving a crescent-shaped scar on the fruit (Pl. II, fig. 9). This pest lays 80 % of its eggs in June.

Apple seed chalcid, Torymus varians Boh.

This small, bright green Hymenopteron, 3 to 4 mm long, appears at the setting stage and remains active for the next three weeks. The females lay their eggs directly in the seeds of the apples; the larva develops within the seed and spends the winter there. This chalcid is an occasional pest and the damage which it causes is often confused with that caused by the apple maggot.

Apanteles ornigis (Weed) (Pl. IV, fig. 10)

This braconid plays a role of primary importance in the control of the leaf miner populations. In recent seasons, it has been noted that in orchards infested by the apple leaf miner, the rate of parasitism by *A. ornigis* was occasionally as high as 85 %. The adults of this braconid appear during the setting stage.

JUNE

Degree-days as of June 1: 325
as of June 15: 510

Major pests:

Tarnished plant bug
Apple maggot
European red mite

Secondary pests:

Buffalo treehopper
Codling moth
Lesser apple worm
Oblique-banded leaf roller
Apple budmoth
Fruit-tree leaf roller
Woolly apple aphid
Apple redbug
Green apple bug

Occasional pests:

Dogwood borer
Rose chafer

Natural enemies:

Macrocentrus iridescent
Aphidoletes aphidimyza
Polynema striaticorne
Itoplectis conquisitor
Ascogaster quadridentatus
Amblyseius fallacis
Anystis agilis
Balaustium sp.

Tarnished plant bug

During the first half of June, the tarnished plant bug leaves the apple

tree to confine itself to the cover crops.

Apple maggot (Pl. II, figs. 6 and 7)

One of the most important orchard insects, the apple maggot, *Rhagoletis pomonella* (Walsh), appears at an average date of June 25 (extremes: June 20 and July 5). At this time, the accumulated degree-days total 450 units above 9° C, calculated according to the Baskerville-Emin formula cited above. For a number of years, the apple maggot has been subject to monitoring in Québec.

European red mite

Most of the individuals appearing during the month of June are members of the 2nd and 3rd generations.

Buffalo treehopper

The hibernating eggs of the buffalo treehopper hatch during the first half of June. The nymphs and adults feed on herbaceous plant, preferably leguminous plants.

Codling moth and Lesser apple worm

Large numbers of these two species are still being captured by means of synthetic pheromones during the entire month of June. The eggs of the codling moth hatch about mid-June, when accumulated degree-days total 210 units above 11° C, as calculated by the Baskerville-Emin formula.

Oblique-banded leaf roller

Catches of oblique-banded leaf roller moths begin between June 10 and 15, and reach their peak at the end of June and the beginning of July.

Eye-spotted bud moth and Fruit-tree leaf roller

As with the previous species, the adults of these two pests are particularly numerous at the end of June and the beginning of July.

Apple woolly aphid

In mid-June, the woolly apple aphid, *Eriosoma lanigerum* (Hausm.), can already be found, particularly on incompletely healed wounds caused by the pruning of the apple trees.

Apple redbug and Green apple bug

The adults of these two univoltine species appear in June (Pl. II, figs. 4 and 5).

Dogwood borer

The adults of the dogwood borer, *Thaumasphecia scitula* (Harr.), with its black body, yellow markings and transparent wings, are active from the end of June to mid-July. The caterpillar of this species is whitish and feeds on sap, remaining in tunnels under the bark of apple trees which are already weak and lacking in vigour. Reddish wormholes on the bark reveal its presence. Since 1979, tests aimed at monitoring this species have been carried out.

Rose chafer

Towards mid-June, the adults of the rose chafer, *Macrodactylus subspinosus* (F.), occasionally attack certain orchards planted near very sandy areas. These beetles, approximately 9 mm long, are yellowish brown in colour, have long legs, and chew holes of varying depths in the fruit.

Macrocentrus iridescent French (Pl. IV, fig. 6)

In an experimental orchard which received no insecticide treatment, this polyembryonic braconid has, in the last two seasons, practically eliminated the hibernating caterpillars and first-generation caterpillars of the oblique-banded leaf roller. This species merits special attention.

Aphidoletes aphidimyza (Rondani) (Pl. IV, fig. 7)

This cecidomyid, which is a major predator of the apple aphid, the rosy apple aphid and the woolly apple aphid, appears at the beginning of June.

Polynema striaticorne Gir.

This is a chalcid, the adults of which appear during the first half of June and which is an important parasite of buffalo treehopper eggs.

Itopectis conquisitor (Say) (Pl. IV, fig. 8)

This endoparasite is very common and attacks a number of insects, particularly the leaf rollers and the apple bud moth.

Ascogaster quadridentatus (Wes.) (Pl. IV, fig. 11)

This braconid, approximately 4 mm long, attacks the eggs of the codling moth and develops within the larva. The adult appears in mid-June as the first codling moth larvae are hatching. In commercial orchards, the rage of parasitism is approximately 6 %, but may go as high as 25 %.

Amblyseius fallacis (Gar.) (Pl. IV, fig. 12), *Anystis agilis* Banks and *Balaustium* sp.

The predators of the European red mite are extremely numerous, but disappear from commercial orchards as a result of insecticide treatments.

A. fallacis, *A. agilis* and *Balaustium* sp. are the only species found in small numbers in commercial orchards after mid-June.

In 1979, there was a first attempt to introduce specimens of *Amblyseius fallacis* which were resistant to certain organophosphate insecticides. The results obtained have been extremely encouraging.

JULY

Degree-days as of July 1: 725
as of July 15: 950

Major pests:

Apple maggot
European red mite
Plum curculio

Secondary pests:

Red-banded leaf roller
Eye-spotted bud moth
Apple aphid

Natural enemies:

Trichogramma minutum
Agathis laticinctus
Diadegma obliteratus
Sarcophaga aldrichi

Apple maggot

The period of maximum activity for this insect occurs from mid-July to mid-August.

European red mite

In July, most of the individuals are members of the 3rd and 4th generations; populations normally reach their highest density by the end of July and the beginning of August.

Plum curculio

Towards mid-July, the larvae of this curculio leave the apples and burrow into the ground where they will spend the pupa and adult stages; the adults appear primarily during the 3rd week of August. The presence of new adults is revealed primarily by an increase in the number of feeding punctures (Pl. II, fig. 10).

Red-banded leaf roller

The beginning of July marks the first catches of adults of this leaf roller, which will give birth to the second generation.

Eye-spotted bud moth

Large numbers of caterpillars of the new generation, which will become the hibernating caterpillars, appear around July 20.

Apple aphid

By late July, there is usually a sharp decline in the populations of apple aphids, which may be due to climate conditions and the leathery condition of the foliage.

Trichogramma minutum Riley

In Québec's apple orchards, this cosmopolitan parasite has often been observed in July emerging from the eggs of the red-banded leaf roller and

the apple budmoth, among others.

Agathis laticinctus (Cress.) (Pl. IV, fig. 4)

This braconid is a major parasite of the apple budmoth, and may reduce larval populations by as much as 50 %. The adults appear about mid-July.

Diadegma obliteratus (Cress.) (Pl. IV, fig. 5)

This parasite attacks leaf rollers, olethreutids and leaf miners.

Sarcophaga aldrichi Park. (Pl. IV, fig. 9)

This tachinid attacks the cocoons of the forest tent caterpillar in particular, and can decimate this species in neglected orchards.

AUGUST

Degree-days as of August 1: 1200
as of August 15: 1450

Major pest:

European red mite

Secondary pests:

Apple worm

Lesser apple worm

Buffalo treehopper

Red-banded leaf roller

Apple woolly aphid

Apple eriophyid mite

European red mite

This mite completes its 4th and 5th generations and, during the month of August, the first hibernating eggs can be found on the bark of the branches or in the eyes of the apples.

Codling moth and Lesser apple worm

At the beginning of August, the moths of these two pests, which will give birth to a partial second generation, appear.

Buffalo treehopper

Also at the beginning of August, the females of the buffalo treehopper leave the herbaceous plants and invade young apple trees. Besides laying their eggs deep in the inner bark of the trunks and twigs, they make two slits in the bark near each group of eggs. When there are enough of these slits, they can interfere with the growth of the young trees.

Red-banded leaf roller

Nearly all the caterpillars of the second generation of this leaf roller have hatched by the beginning of the month of August.

Woolly apple aphid

It is also at the beginning of August that we observe heavy infestations of the woolly apple aphid, which, in recent years, have become more widespread.

Apple rust mite

It is during the month of August that the first deutogynous females appear, those that will spend the winter beneath the scales of the buds

or in the folds of the bark.

II - MONITORING AND CONTROL

Under current conditions, it is difficult to visualize commercial apple production without the use of a certain number of insecticide treatments. For this reason, we propose basic treatments which are suitable for most orchards and directed against the major pests, which at the present time are the European red mite, the apple maggot, the phytophagous plant bugs, the plum curculio and the green fruitworm. Where necessary, we also recommend additional or special treatments for local and seasonal problems.

The basic treatments include a preliminary application of insecticide at the pink bud stage, directed against the tarnished plant bug and the green fruitworm. This treatment may also have a repressive effect on secondary or occasional pests present at this time, such as the tent caterpillars, the oblique-banded leaf roller, the fruit-tree leaf roller, the leaf miners, the bud moth and the aphids (Table 1).

A second treatment, recommended at the calyx stage, is directed against the plum curculio and against the plant bugs; it may also be effective against the scales, the red-banded leaf roller, the European apple sawfly, the gypsy moth and, again, against the aphids.

A third treatment is carried out against the European red mite and is applied when an average of five mobile forms of this mite can be found on each leaf. In some cases, it can be combined with the previous or subsequent application. This treatment also eliminates the populations of the apple eriophyid mite and the two-spotted spider mite.

A fourth and fifth basic treatment are performed towards July 10 and July 25 respectively against the apple maggot; these treatments may also be effective against the apple worms, the aphids, the leaf rollers and the apple budmoth.

TABLE 1 Basic treatments directed against major pests in relation to secondary or occasional pests which may be present.

Time of treatment	Major pests	Secondary of occasional pests
Pink bud	tarnished plant bug green fruitworm	tent caterpillars, oblique-banded leaf rollers, fruit-tree leaf roller, leaf miners, bud moth, aphids
Calyx	plum curculio and phytophagous plant bugs	scales, red-banded leaf roller, aphids, sawfly, gypsy moth
June or July	european red mite	apple rust mite, two-spotted spider mite
July 10	apple maggot	codling moth, aphids, leaf rollers, bud moth
July 25	apple maggot	codling moth, aphids, leaf rollers, bud moth

With additional or special treatments, certain precautions must be taken, since, for example, the leaf miner populations to be eliminated may be heavily infested with parasites or the aphid colonies involved may include numerous predators. In these cases, applications of insecticides are not only useless, but harmful. This is when a knowledge of the principal parasites and predators normally present in orchards becomes very important to both the agricultural adviser and the fruit grower himself.

A monitoring program can also prove very useful in determining the presence of a given pest, the density of the population and the need for treatment. Two types of traps are currently being used with success in certain orchards in Québec:

- . the synthetic sexual pheromone trap, and
- . the bait trap, based primarily on colour attraction.

The pests currently subject to monitoring can be divided as follows:

Pheromone traps	Bait traps
Red-banded leaf roller (1)	Apple maggot (1)
Apple worm (1)	Tarnished plant bug (4)
Oblique-banded leaf roller (1)	Apple sawfly (4)
Fruit-tree leaf roller (1)	
Lesser apple worm (1)	
Dogwood borer (2)	
Leaf miner (2)	
Green fruitworm (3)	

The pheromone trap holds a capsule impregnated with a synthetic substance similar to that given off by the female of a given species. This capsule is placed in a flared, pre-glued cardboard trap; it can be effective over an area of approximately two hectares for a month.

The bait trap for the apple maggot is made of pre-glued yellow cardboard (14 x 23 cm) with a sal ammoniac-based bait. It should be placed in the areas most subject to attacks by this maggot. The bait trap for the tarnished plant bug and the european apple sawfly is made of cardboard (15 x 20 cm) covered with white zinc pigments which do not reflect ultraviolet radiation and with a glue known as Tangletrap^(R).

For the red-banded leaf roller, the codling moth, the oblique-banded leaf roller and the apple maggot, mentioned in the table below, we are in a position to give the dates for trap installation, the monitoring periods and the critical number of catches at the end of the monitoring period:

-
- (1) Zoëcon Corporation, Palo Alto, California 94304.
 - (2) Conrel, Needham Heights, Massachusetts 02194.
 - (3) Prairie Regional Laboratory, NRC Canada, Saskatoon, Sask S7N 0W9.
 - (4) New England Insect Traps, Colrain, Massachusetts 01340.

Insect	Date of trap installation	Trapping period	Critical number ¹ of total catches
Red-banded leaf roller	April 15	April 20 - May 20	600
Codling moth	May 15	May 20 - June 20	20
Oblique-banded leaf roller	May 25	June 1 - July 1	100
Fruit-tree leaf roller	June 15	June 20 - July 20	20
Red-banded leaf roller (2nd generation)	June 20	June 25 - July 25	200
Apple maggot	June 20	June 25 - September 1	1
Oblique-banded leaf roller (2nd generation)	August 1	August 5 - September 5	100

¹ Sum of catches in 2 traps per orchard, except for the apple maggot, with 4 traps per orchard. The critical numbers of catches may be modified following further information.

The critical thresholds which we suggest are provisional and, for proper use of these monitoring techniques, the inexperienced fruit grower should consult an agricultural adviser. For species not listed in the table, research is continuing in an effort to establish the relationship between catches and damage with all possible accuracy.

This brief survey of the area of apple orchard protection against pests is, of necessity, incomplete; it may help, however, to demonstrate the complexity of the problems and the efforts which have been made to develop a rational, rather than preventive and empirical, policy of control.

Acknowledgements

Messrs. A. Clément, D. Pitre and L.G. Simard of Agriculture Canada and Mr. J. Touzin of the Québec Department of Agriculture, Fish and Food have made an important contribution as technicians to the basic work of this research. In addition, with the assistance of Mr. B. Drouin, a graphic artist with the Québec Department of Agriculture, Fisheries and Food, they have prepared the colour plates illustrating this report.



A Brief Overview of Blueberry Culture in North America

James R. Ballington

**N. C. State University
Raleigh, N. C.
U.S.A.**



In temperate North America three types of cultivated or semi-cultivated blueberries (*Vaccinium*) are important commercially. These are referred to by the colloquial names lowbush, highbush, and rabbiteye.

Lowbush blueberries (mainly *V. angustifolium* Aiton) are short-statured and stoloniferous forming extensive colonies and grow on rocky uplands. The commercial lowbush industry is centered in Maine in the United States and Québec and the Maritime provinces in Canada. Total production from 1966-1975 averaged 41 million lbs. (18,6 million kg) per year. Fruit is hand harvested and practically all of it goes into processing channels.

Highbush blueberries (*V. corymbosum* L.) are the most important species with approximately 26 000 acres (10 500 hectares) in production. They are adapted to lowland imperfectly drained soils. The plants are shallow-rooted and require a constant but not excessive moisture supply. Highbush production is also limited to climatic zones with 1 000 or more chilling hours during winter. Michigan, New Jersey, North Carolina, British Columbia, Washington, and Oregon are leading production areas. From 1966-1975 total yearly production averaged over 70 million lbs. (31,8 million kg). Over 50 % of annual production goes for processing and in most areas processing fruit is mechanically harvested. Mechanical harvesting of fruit for fresh consumption is also on the increase.

Rabbiteye blueberries (*V. ashei* Reade) are the most recent type to come into commercial production utilizing improved cultivars. This species is adapted to more southern latitudes and has more heat and drought tolerance and adaptation to upland soils than highbush. Fruit is currently marketed for fresh consumption in the southeastern United States.

Lowbush fields are managed under semi-cultivation using fire for pruning and renewal of vigorous fruiting stems. Highbush and rabbiteye plantings are spaced in rows to accomodate cultural and harvesting operations. Pruning is essential for training and preventing overproduction in

highbush plantings. All blueberries require acid soils. Highbush and rabbiteye blueberries require fertilizer applications to assure economic returns and the introduction of broadleaf weed control chemicals now make fertilizer application feasible in lowbush fields. Pest control programs are generally followed in all commercial production areas. Periodic droughts are common and irrigation has proved economical in preventing crop reductions and injury or death to plants. Cross-pollination is usually essential for lowbush and rabbiteye and fruit size and earliness are increased with cross-pollination in highbush. Pollination is usually accomplished by bees.

Economic considerations and continued urban sprawl will probably prevent large expansion of acreage in existing lowbush and highbush areas during the 1980's. However, in Georgia, Arkansas and other southern states substantial new acreages of rabbiteye and highbush will probably be established. Horticultural advances should drastically increase per unit production in existing areas, particularly in lowbush areas where the value of establishing fields with select clones is being recognized, and fields suitable for mechanical harvesting are being selected. The resulting increase in production must be absorbed by increased retail consumption and by opening up new export markets for both fresh and processed fruit.

Vaccinium (the blueberries) is a worldwide genus which reaches its greatest diversity in tropical regions (3)*. Species are typically acidiphilic, intolerant of dense shade, and somewhat weedy, readily colonizing disturbed habitats such as abandoned fields and road cuts during early stages in succession (3, 7). This last characteristic has contributed to the diversity in the genus since disturbed habitats lend themselves to perpetuation of hybrids otherwise unable to compete successfully with parental types (7). In North America, north of Mexico,

* The numbers in parentheses refers to the bibliography.

the genus is represented by 10 sections (22) (Table 1), four of which have both diploid and polyploid representatives, and up to 58 species depending on interpretation of specific limits (1, 4, 5, 18, 20, 25). Delimitation of species is still problematical. The phenotypes represented by the various species range from evergreen to deciduous and from trailing vines to arborescent forms (9).

Native North Americans utilized blueberries long before the advent of European colonization, often using fire for pruning (7, 11). Following settlement by Europeans, and prior to development of the commercial industry, fruit from wild blueberry populations was harvested over wide areas of the continent, and wild blueberries are still harvested in quantity in several areas including northern Alabama and Georgia, western and north-western Arkansas, the Allegheny Mountains in West Virginia and Pennsylvania, the Cascade Mountains of Oregon and Washington, and along the Pacific Coast from central California to British Columbia (15).

The genetic potential in *Vaccinium* has only been exploited to a large extent with species in the *Cyanococcus* (true or cluster-fruited blueberry) section of the genus (9). Today in temperate North America three types of cultivated or semicultivated blueberries are important commercially and these are commonly referred to as lowbush, highbush, and rabbiteye (9). The commercial industry is quite young beginning with the canning of lowbush blueberries in Maine in 1866 (9). The development of the present highbush and rabbiteye industries has been entirely within this century and both are largely the result of improved cultivars developed through cooperative United States Department of Agriculture-State Experiment Station efforts in the United States (9).

Lowbush blueberries, as the name indicates, are short-statured and stoloniferous forming extensive colonies (15). The most important species in this group is *V. angustifolium* Aiton, but it also includes *V. myrtilloides* Michaux and occasionally *V. boreale* Hall & Aalders (9). These species grow on rocky uplands with light well-drained soils of

moderate to low fertility in eastern Canada and the northeastern and Great Lakes areas in the United States (15). They also occur in the Allegheny Mountains as far south as Pennsylvania and West Virginia in the United States. The commercial lowbush industry is centered in Maine in the United States, and Québec and the Maritime Provinces in Canada (14). Total production over the period 1966-1975 averaged around 41 million pounds (18,6 million kg) per year. Maine is the leading production area averaging almost 18 million pounds (8,2 million kg) per year followed by Nova Scotia and Québec with around 8 million pounds (3,6 million kg) per year each (14). Fruit is hand harvested and practically all of it goes into processing channels (15).

The name highbush refers to a plant of tall crown-forming habit and as such fits any one of 12 eastern North American subgenus *Cyanococcus* "species" as described by Camp (4) including some forms of the rabbiteye blueberry, the third type of commercial importance. Recently one author has lumped all but one of these 12 "species" into one highly polymorphic more or less continuous population under *V. corymbosum* L. ranging from southern Ontario across to Michigan and Wisconsin and southward into east Texas and Florida (25). Highbush blueberries grow from 2 to 4 or occasionally 5 meters tall and are found on a wide range of habitats from coastal marshes and inland swamps and seepage areas to dry hillsides in the inner coastal plain, piedmont, and mountains (2, 25).

With regard to the commercial blueberry industry, highbush blueberries refer to a group of cultivars largely derived from tetraploid lowland coastal plain genotypes that fall within Camp's (4) circumscription as *V. australe* Small and *V. corymbosum*, but today would be lumped together in *V. corymbosum* (25). Hybridization of *V. corymbosum* with *V. angustifolium* has also played a lesser but significant role in the development of commercial tetraploid highbush blueberry cultivars (9). Given their genetic backgrounds current highbush blueberry cultivars are adapted to lowland imperfectly drained soils, however this requirement has made possible the utilization of areas which otherwise have often

been considered agriculturally worthless (9). The plants are shallow-rooted and require a constant but not excessive moisture supply (12). This requirement is best met where the water table is 14 to 30 inches (46 to 76 cm) below the soil surface and where there is a well-drained sand layer 4 inches (10 cm) or more in depth between a sand-organic surface layer and a hardpan which maintains the water table at the desired level (12, 15). Best growth usually occurs where soil acidity is in the range of pH 4,3 to 4,8 (15). Highbush production is also limited to climatic zones with 1 000 or more chilling hours during the winter (15).

Highbush are the most important type of cultivated blueberries with approximately 26 000 acres (10 500 ha) currently in production (14). During the 10-year period 1966-1975 total yearly production averaged over 70 million pounds (31,8 million kg) (14). Michigan is the leading producer with over 30 million pounds (13,6 million kg) per year, followed by New Jersey with 22 million pounds (10 million kg), North Carolina with over 8 million pounds (3,6 million kg), the Washington and Oregon area with just under 5 million pounds (2,3 million kg), and British Columbia with about 4,5 million pounds (2 million kg) (14). British Columbia appears to be the major growth area in both acreage and production with 1979 production approaching that of North Carolina (14). Yield per unit of production ranges from slightly over 2 000 pounds per acre (2 245 kg per ha) in North Carolina to 6 000 pounds per acre (6 736 kg per ha) in Washington (14). Over 50 % of annual production is utilized for processing and except for the Pacific Northwest area practically all processing fruit is harvested mechanically (17). Mechanical harvesting of fruit for direct consumption is increasing although the vast majority is still hand harvested (17).

Rabbiteye blueberries (*V. ashei* Reade) are the most recent type to come into commercial production utilizing improved cultivars (9). The rabbiteye is an extremely polymorphic hexaploid species ranging from crown-forming to suckering in habit, sometimes forming colonies several meters in

diameter (4). Plant heights range from 1,5 to 6 meters (4). Typically rabbiteye blueberries are tall growing like tetraploid *V. corymbosum* (15). This species is native to eastern and southern Georgia, southern Alabama, northern Florida, and extreme southeastern South Carolina (2, 4). As previously mentioned this species is included within *V. corymbosum* by one recent author (25). Whatever the correct taxonomic disposition, the improved cultivars of rabbiteye blueberry are quite distinct morphologically from commercial tetraploid highbush in both plant and fruit characters.

The rabbiteye blueberry only requires a short rest period in winter and is adapted to coastal plain and piedmont areas from north central Florida west to eastern Texas and north to central Arkansas, the Carolinas and southeastern Virginia (15). It will grow on upland areas where current highbush cultivars will not, it is not as sensitive to soil type as highbush and it is more tolerant to heat and drought. The rabbiteye is also more vigorous and productive than highbush, and superior fruit firmness and a small dry picking scar make it particularly well-adapted to mechanical harvesting (9). Rabbiteye cultivars ripen later than highbush and usually over a longer season (15).

Mr. M.E. Smith, Director of the Georgia Blueberry Association, indicates that 1 000 acres (405 ha) of rabbiteye blueberries have been established in that state (21). He also states that production in Georgia is expected to total about 1 million pounds (455 000 kg) this year and about 6 million pounds (2,7 million kg) by 1985. Production for direct consumption is currently emphasized and marketing efforts are concentrated largely in Georgia and surrounding states. Several hundred acres are also in production in other southeastern United States areas where marketing is largely through local and pick-your-own outlets. Since fruit goes largely for fresh consumption most of it is hand harvested.

Lowbush fields are still managed under semicultivation using fire for pruning, reducing competition from weedy species, and renewal of vigorous

fruiting stem (11). The latter is due in part to release of nutrients from burned vegetation and organic matter on the surface. Burning also aids in the control of insects and diseases. However, over a period of years it is believed to contribute to the decline of commercial fields through reduction or destruction of the layer of organic matter on the soil surface and the A₁ soil horizon (11). Burning is usually on a biennial basis, in late fall or early spring before growth starts, and specially designed burners using #2 fuel oil are the major means for accomplishing this task (11). This means that fields are only harvested every other year since lowbush, like all other section *Cyanococcus* species, produce flowers and fruit from buds initiated in the previous growing season (9, 11). Alternative methods such as mowing are again receiving attention for pruning lowbush fields since the cost of fuel has increased so dramatically in recent years (11). However, design of the mower is critical if it is to do a uniform job in the normally uneven-surfaced fields, and renewal shoots tend to come from the old above-ground portion of stems remaining after mowing rather than from underground rhizomes as with burning and are usually not as vigorous as shoots from the latter (11). In addition, the long term effects of pruning lowbush fields mechanically on insects, weeds, and soil fertility are unknown at present (11)

Highbush and rabbiteye plantings are spaced in rows to accomodate cultural and harvesting operations (15). Highbush plants are generally established on raised beds to assure sufficient aeration in the root zone and are spaced 4 to 5 feet (1,2 to 1,5 m) apart in rows 10 feet (3,1 m) apart (12). Due to their exceptional vigor, rabbiteye plants are normally established in rows 12 feet (3,7 m) apart with plants 6 to 12 feet (1,8 to 3,7 m) apart within rows (12, 15). If planted on lowland sites, rabbiteye are also established on raised beds. When established on upland sites, rabbiteye blueberries respond favorably to incorporation of organic matter at planting and to mulching (12). Pruning is essential for training highbush plants, preventing overbearing, maintaining vigor and productivity, and for rejuvenation (12). Although very little pruning

is generally practiced with rabbiteye blueberries, light pruning is helpful in maintaining vigorous fruiting wood and keeping plants from becoming too dense (15).

Highbush blueberries are readily propagated from hardwood or softwood stem cuttings rooted under intermittent mist (15). In commercial practice hardwood cuttings are most widely utilized (12). Raised propagation beds filled with 4 to 6 inches (10 to 15 cm) of a 1:1 mixture of coarse sand and horticultural peat are generally recommended to insure both adequate drainage and moisture retention (12). Rabbiteye blueberries are usually propagated from softwood cuttings (15). Present lowbush fields are heterogeneous natural stands of seedlings. Seedling and clonal propagation of lowbush is currently under study to develop procedures for establishment of more productive cultivated fields (8).

Blueberries respond to fertilizer applications, especially ammonium nitrogen, and complete (N-P-K) fertilizers are generally applied to assure economic returns with highbush and rabbiteye blueberries (6, 12, 15). In the "organic sands" in which highbush are grown in North Carolina phosphorus as well as nitrogen is readily leached and can become a limiting factor (6). Deficiencies of minor elements such as Fe, B, and Cu also occur, but are not general (6). Traditionally fertilizer applications were only helpful on soils of extremely low fertility with lowbush blueberries, because on moderately fertile soils, fertilizers stimulated competing vegetation more than blueberry plants (19). The availability of chemicals and methodology for control of woody and herbaceous weeds now also make fertilizer applications feasible throughout the lowbush production area (10, 24). Fertilizer recommendations in the various production areas vary widely according to the native fertility of the soil and the amount of nutrients lost through leaching, therefore yearly recommendations are published by extension and research personnel in each production area.

As previously noted, weed control in lowbush blueberries has traditionally

been accomplished by burning and more recently by burning along with the aid of chemicals. Weed control in highbush and rabbiteye blueberries is accomplished by a combination of mechanical cultivation and chemical means (12). Both methods require great care. Blueberry plants are very shallow rooted so cultivation must also be very shallow to avoid damaging the roots, and careless or improper application of weed control chemicals often permanently injures or kills plants (12). Specific weed control recommendations for all blueberry production areas are published on a yearly basis.

Most commercial blueberry areas are subject to drought and irrigation has proved economical in preventing reduction in crops and injury or death to plants (12, 15). If overhead sprinkler systems are utilized they also serve a dual purpose by providing frost protection during bloom.

Cross-pollination is essential for both lowbush and rabbiteye blueberries because they are usually self-infertile (9). Size and earliness are increased with cross-pollination in highbush even though cultivars are usually self-fertile (13). Pollination is usually accomplished by bees and since native bees are often present in insufficient numbers they should be supplemented by colonies of honey bees with at least one hive per acre (2 to 3 per ha) (15).

Control of insects and diseases is essential in all commercial blueberry areas. Rabbiteye cultivars are often considered to be more tolerant to diseases and insects than highbush cultivars, however as rabbiteye plantings increase, the need for pest control measures will probably also increase (12). Losses from diseases are probably more serious in North Carolina than other commercial areas (15). The warm humid climate of North Carolina and other southern United States areas makes it particularly conducive to development of disease problems. The major disease, insect, and arthropod pests in commercial production areas are listed in Table 2 (9, 12, 15, 23). Galletta (9) has compiled an extensive list of potentially serious diseases and insects attacking blueberries in all

production areas.

Land costs, rising taxes and continued urban sprawl will probably prevent large expansion of acreage in existing areas of both lowbush and highbush production during the 1980's (16). However, in the southeastern and southcentral states in the United States, substantial new acreages of rabbiteye and highbush will probably be established and come into production during this decade (16). Horticultural advances such as more widespread use of irrigation, improved cultivars and production of certified specific pathogen-free planting stock, perhaps along with mass propagation via meristem culture should dramatically increase production in existing areas. In lowbush areas the value of establishing fields with select clones is now being recognized and should expand, along with establishment on sites suitable for mechanical harvesting (16). As a result of these projected advances the North American Blueberry Council estimates that by the end of this decade the average annual crop should rise from the present 112 million pounds (50,9 million kg) to approximately 175 million pounds (79,5 million kg) (17). This increase in production must be absorbed by increased retail consumption and by opening up new export markets for both fresh and processed fruit (16).

Table 1 *Vaccinium* sections indigenous to North America, North of Mexico

Section	Representative Species	Common Name	Distribution in North America
<i>Betodendron</i> (Nutt.) Klotzsch ¹	<i>V. Arboreum</i> Marsh	Sparkberry	N. Carolina to Fla. and West to Ky., Ind., and Texas
<i>Cyanococcus</i> (Gray) Klotzsch	<i>V. angustifolium</i> Ait. <i>V. ashei</i> Reade <i>V. corymbosum</i> L. <i>V. crassifolium</i> Andr.	Lowbush blueberry Rabbiteye blueberry Highbush blueberry Creeping blueberry	Eastern half of North America
<i>Herpothamnus</i> (Small) Uphof.	<i>V. myrtilus</i> L. <i>V. erythrocarpum</i> Michx. <i>V. macrocarpum</i> Ait.	Bilberry So. Mountain cranberry Cranberry	N. Carolina, S. Carolina, and Virginia
<i>Myrtilus</i> Koch ² <i>Oxycoccoides</i> (Benth. & Hook.) Sleumer ³ <i>Oxycoccus</i> Hill ²	<i>V. stamineum</i> L.	Deerberry	Western North America Southern Appalachian Mountains
<i>Polycodium</i> (Raf.) Sleumer ¹	<i>V. ovatum</i> Pursh. <i>V. uliginosum</i> L. <i>V. vitis-idaea</i> L.	Box blueberry Whortleberry Ling-berry	Newfoundland to N. Carolina in the east and Alaska to B.C. in the west Maine to Fla., westward to central Canada and Texas Pacific coast, central C.A. to British Columbia Arctic, extending into the mtns. in the western U.S. and New York in the east Arctic and northern North America

1/ Related species in tropical America.

2/ Circumboreal distribution.

3/ Related species in temperate eastern Asia.

Table 2 Major disease, insect, and arthropod pests in commercial blueberry production areas in North America

Common Name	Causal Organism	Major Problem Area
Fungi		
Mummy berry	<i>Monilinia vaccinii-corymbosi</i> (Reade) Honey	General-all areas
Stem canker	<i>Botryosphaeria corticis</i> (Demaree & Wilcox) Arx and Muller	North Carolina and the Southern U.S.
<i>Fusicoccum</i> canker	<i>Fusicoccum putrefaciens</i> Shear	Michigan
<i>Botrytis</i> twig and blossom blight	<i>Botrytis cinerea</i> Ters. ex Fr.	Pacific Northwest and lowbush areas
Phomopsis twig and cane blight	<i>Diaporthe vaccinii</i> Shear	Michigan
Stem blight	<i>Botryosphaeria dothidea</i> (Moug. ex Fr.) (es. and de Not.)	North Carolina
Powdery mildew	<i>Microsphaera penicillata</i> var. <i>vaccinii</i> (Schw.) Cooke	General-all areas
Red leaf	<i>Exobasidium vaccinii</i> Wor.	Lowbush areas
<i>Phytophthora</i> root rot	<i>Phytophthora cinnamomi</i> Rands	New Jersey, North Carolina and southern United States
<i>Septoria</i> leaf spot	<i>Septoria albopunctata</i> Cke	Southern U.S. and lowbush areas
Anthrachnose	<i>Glomerella cingulata</i> Spaulding and von Schrenk	New Jersey and North Carolina
Mycoplasmas		
Stunt	Blueberry stunt	New Jersey, North Carolina & Michigan
Virus Diseases		
Red ringspot	Blueberry red ringspot virus	New Jersey
Shoestring	Blueberry shoestring virus	Michigan
Insects		
Blueberry maggot	<i>Rhagoletis pomonella</i> Walsh	General-all areas
Cranberry fruit worm	<i>Mineola vaccinii</i> Riley	N.J., N.C., Mich.
Cherry fruit worm	<i>Grapholitha pachardi</i> Zell	N.J., N.C., Mich.
Plum curculio	<i>Conotrachelus nenuphar</i> Herbst.	N.J., N.C., Mich.
Sharp-nosed leafhopper	<i>Scaphytopius magdalenae</i> Prov.	N.J., N.C., Mich.
Arthropods		
Blueberry bud mite	<i>Aceria vaccinii</i> Keifer	North Carolina

Bibliography

- 1 Baker, P.C. 1970. A systematic study of the genus *Vaccinium* L. subgenus *Polycodium* (Raf.) Sleumer, in the southeastern United States. Ph. D. Dissertation, University of North Carolina, Chapel Hill, NC, USA.
- 2 Ballington, J.R., W.B. Kirkman, D.V. Barkley, and A.F. Huyler. 1980. *Vaccinium* germplasm collection, North Carolina and South Carolina, 1978 and 1979. Horticultural Crops Research Series 51, North Carolina State University, Raleigh, NC, USA.
- 3 Camp, W.H. 1942. On the structure of populations in the genus *Vaccinium*. *Brittonia* 4: 189-204.
- 4 _____. 1945. The North American blueberries with notes on other groups of *Vacciniaceae*. *Brittonia* 5: 203-275.
- 5 Chapman, A.W. 1893. *Flora of the southern United States*, 2nd. ed., Ivison Publ. Co., New York, NY, USA.
- 6 Cummings, G.A. 1980. Blueberry production in North Carolina as influenced by soil properties and applied fertilizer, pp. 74-79. *In Proc. North American Blueberry Research Workers Conf.*, Oct. 16-18, 1979, Fayetteville, AR, USA.
- 7 Darrow, G.M. and W.H. Camp. 1945. *Vaccinium* hybrids and the development of new horticultural material. *Bul. Torrey Bot. Club* 72: 1-21.
- 8 Dykeman, B.W. and E.N. Estabrooks. 1980. Progress in the cultivation of the lowbush blueberry in New Brunswick, pp. 68-73. *In Proc. North American Blueberry Research Workers Conf.*, Oct. 16-18, 1979, Fayetteville, AR, USA.
- 9 Galletta, G.J. 1975. Blueberries and cranberries, pp. 154-196. *In J. Janick and J.N. Moore (eds.), Advances in Fruit Breeding*, Purdue University Press, Lafayette, IN, USA.
- 10 Ismail, A.A. 1974. Terbacil and fertility effects on yield of lowbush blueberry. *HortScience* 9 (5): 457.
- 11 _____ and D.E. Yarborough. 1980. Pruning lowbush blueberries - A review and update, pp. 87-95. *In Proc. North American Blueberry Research Workers Conf.*, Oct. 16-18, 1979, Fayetteville, AR, USA.
- 12 Mainland, C.M. 1979. Commercial blueberry production guide for North Carolina. N.C. Agr. Extn. Publ. AG 115.

- 13 Morrow, E.B. 1943. Some effects of cross-pollination vs. self-pollination in the cultivated blueberry. *Proc. Amer. Soc. Hort. Sci.* 42: 469-472.
- 14 Proceedings, Annual Meeting, North American Blueberry Council, Inc., 1966-1980.
- 15 Scott, D.H., A.D. Draper, and G.M. Darrow. 1978. Commercial blueberry growing. *Farmer's Bull.* 2254, USDA, Beltsville, MD, USA.
- 16 Sheridan, P. 1980a. Blueberries, past, present, and future. *Proc. 15th Annual Meeting, North American Blueberry Council, San Juan, Puerto Rico.*
- 17 _____. 1980b. Executive secretary, North American Blueberry Council, Inc., Personal communication.
- 18 Shutz, J.H. 1944. Some cytotaxonomic and germination studies in the genus *Vaccinium*. Ph. D. Dissertation, Washington State Univ., Pullman, WA, USA.
- 19 Smagula, J. 1980. Effect of long-term N or NPK fertilization on lowbush blueberry yield and plant stand, pp. 80-93. *In Proc. North American Blueberry Research Workers Conf., Oct. 16-18, 1979, Fayetteville, AR, USA.*
- 20 Small, J.K. 1933. *Manual of the southeastern flora.* New York, NY, USA: privately published.
- 21 Smith, M.E. 1980. Executive director, Georgia Blueberry Association, personal communication.
- 22 Stevens, P.F. 1969. Taxonomic studies in the Ericaceae. Ph. D. Dissertation, University of Edinburgh, UK.
- 23 Wood, G.W. 1980. Management of lowbush blueberry insects, pp. 170-174. *In Proc. North American Blueberry Research Workers Conf., Oct. 16-18, 1979, Fayetteville, AR, USA.*
- 24 Yarborough, D.E. and A.A. Ismail. 1979. Barrenberry control in lowbush blueberry fields through selective application of 2,4-D and Glyphosate. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 104 (6): 742-745.
- 25 Vander Kloet, S.P. 1972. The North American blueberries revisited: a taxonomic study of *Vaccinium* section *Cyanococcus* Gray. Ph. D. Dissertation, Queens University, Hamilton, Ontario, Canada.

La culture du bleuetier en Amérique du Nord

James R. Ballington

**N. C. State University
Raleigh, C. N.
États-Unis**



Dans les régions tempérées de l'Amérique du Nord, trois types de bleuetiers (*Vaccinium*), cultivés ou semi-cultivés, ont une valeur commerciale importante. On les appelle communément bleuetier nain, bleuetier en corymbe et bleuetier "rabbitye".

Le bleuetier nain (en particulier *V. angustifolium* Aiton) est un arbuste de petite taille, stolonifère, qui pousse en importantes colonies dans les terres hautes et rocheuses. L'exploitation commerciale du bleuetier nain se concentre dans l'Etat du Maine, aux Etats-Unis, et au Canada, dans le Québec et les Maritimes. La production annuelle, de 1966 à 1975, a été en moyenne de 41 millions de livres (18,6 millions kg). Le fruit est cueilli à la main et la presque totalité est transformée.

Le bleuetier en corymbe (*V. corymbosum* L.) constitue l'espèce la plus importante. Environ 26 000 acres (10 500 hectares) sont actuellement en production. Le bleuetier en corymbe s'accommode de terrains bas assez mal drainés. Ses racines peu profondes exigent un apport constant, mais non excessif, d'humidité. Il ne pousse cependant que dans les zones climatiques assurées d'au moins 1 000 heures de gel au cours de l'hiver. Les régions les plus productives se trouvent dans les Etats du Michigan, du New Jersey, de la Caroline du Nord, de Washington, de l'Orégon, aux Etats-Unis, et au Canada, dans la Colombie-Britannique. La production annuelle moyenne de 1966 à 1975 a été de 70 millions de livres (31,8 millions de kg). Dans la plupart des régions, la cueillette est mécanisée lorsque le fruit est destiné aux industries de transformation, ce qui représente plus de la moitié de la production. La mécanisation tend aussi à s'étendre à la cueillette des fruits pour consommation en frais.

Quant au bleuetier "rabbiteye" (*V. ashei* Reade), la production commerciale, à partir de cultivars améliorés, en est relativement récente. Il est mieux adapté aux régions méridionales et aux terres hautes que le bleuetier en corymbe, car il résiste mieux à la chaleur et à la sécheresse. Le fruit est offert en frais sur les marchés de détail du sud des Etats-Unis.

Les bleuetières sauvages ou indigènes font l'objet de certaines façons culturales, par exemple, le brûlage en guise de taille et la rénovation des tiges fructifères. Les plantations de bleuetiers en corymbe et de bleuetiers "rabbiteye" sont disposées en rangées pour faciliter les opérations de culture et de cueillette. Le bleuetier en corymbe doit être taillé pour donner aux arbustes une forme convenable et pour prévenir la surproduction. Toutes les variétés de bleuetiers exigent un sol acide. Un apport d'engrais sera nécessaire pour que le bleuetier en corymbe et le bleuetier "rabbiteye" produisent de façon rentable. Cet apport d'engrais est maintenant possible aussi dans les bleuetières indigènes, grâce aux produits chimiques permettant l'éradication des mauvaises herbes à larges feuilles. Dans les exploitations commerciales, on fait systématiquement la lutte aux insectes ravageurs. Les périodes de sécheresse étant assez fréquentes, l'irrigation a été jugée rentable pour maintenir de bonnes récoltes et sauvegarder les plants. La multiplication du bleuetier nain et du bleuetier "rabbiteye" exige le plus souvent la pollinisation croisée, généralement assurée par les abeilles. Chez le bleuetier en corymbe, la pollinisation croisée permet d'obtenir un fruit plus hâtif et de meilleur calibre.

En raison de considérations économiques et de l'empiétement constant des villes sur les campagnes avoisinantes, il est peu probable que l'on connaisse au cours des années 80 une expansion considérable des cultures actuelles de bleuetier nain et de bleuetier en corymbe. Toutefois, en Géorgie, dans l'Alabama, comme dans d'autres Etats du Sud, il se peut que de nouvelles cultures de bleuetier "rabbiteye" et de bleuetier en corymbe soient implantées. Grâce aux progrès de l'horticulture, on pourra augmenter de façon spectaculaire le rendement par hectare des exploitations actuelles, particulièrement dans les régions de production du bleuetier nain, où l'on reconnaît maintenant l'avantage de cultiver de vastes champs à partir de clones sélectionnés et de choisir des champs qui permettent la mécanisation de la cueillette. L'accroissement de la production doit s'accompagner d'une augmentation de la consommation locale et de l'élargissement des marchés d'exploitation, aussi bien pour

le fruit à l'état frais que pour le fruit transformé.

Les bleuetiers appartiennent au genre *Vaccinium*, répandu à travers le monde, bien qu'il atteigne sa plus grande diversité dans les régions tropicales (3)*. Typiquement, les espèces croissent en milieu acide, elles supportent mal un excès d'ombre et s'étendent de façon exubérante, envahissant rapidement, aux premiers stades et en succession, les lieux bouleversés, comme les terres abandonnées, les remblais de routes (3, 7). C'est cette dernière caractéristique qui a contribué à la diversification du genre, les lieux perturbés se prêtant davantage à la perpétuation des hybrides, qui autrement ont peu de chance de concurrencer les types parentaux (7). En Amérique septentrionale, au nord du Mexique, le genre est représenté par 10 sections (22) (tableau 1), dont quatre sont constituées aussi bien d'individus diploïdes que polyploïdes, et comprend jusqu'à 58 espèces, selon le mode de délimitation adopté (1, 4, 5, 18, 20, 25), la délimitation des espèces étant encore assez problématique. On retrouve dans les diverses espèces des phénotypes comprenant aussi bien des plantes au feuillage persistant que d'autres au feuillage caduc, de même que des vignes rampantes et des formes arborescentes (9).

Les aborigènes de l'Amérique du Nord ont cueilli des bleuets bien avant l'arrivée des premiers colons européens. Ils ont souvent même utilisé le brûlage comme moyen de remplacer les vieux buissons par de jeunes pousses plus productives (7, 11). Après l'installation des Européens, et avant le développement de l'industrie, on pouvait cueillir le bleuet sauvage dans une grande partie du continent; on en récolte encore en quantité dans plusieurs régions, y compris dans le nord de l'Alabama, et de la Géorgie, dans l'ouest et le nord-ouest de l'Alabama, dans la région des Alléghanys de la Virginie-Occidentale et de la Pennsylvanie, dans la région des monts Cascades de l'Orégon et de l'Etat de Washington, de même que sur la côte du Pacifique, du centre de la Californie jusqu'en Colombie-Britannique (15).

* Les chiffres entre parenthèses renvoient à la bibliographie.

Le potentiel génétique du *Vaccinium* n'a été largement exploité qu'en ce qui concerne les espèces de la section *Cyanococcus* (bleuetier véritable ou à fruits en grappes) du genre (9). Aujourd'hui, dans les régions tempérées de l'Amérique du Nord, trois types de bleuetiers, cultivés ou semi-cultivés, ont une valeur commerciale. On les appelle communément bleuetier nain ou indigène, bleuetier en corymbe et bleuetier "rabbiteye" (9). L'industrie du bleuetier est relativement jeune. Elle a débuté au Maine, en 1866, par la mise en conserves du bleuet nain (9). L'exploitation du bleuetier en corymbe et du bleuetier "rabbiteye" n'a pris son essor qu'au cours du siècle présent, à partir de cultivars améliorés obtenus grâce aux efforts conjoints du Department of Agriculture et de stations expérimentales du gouvernement américain (9).

Le bleuetier nain, comme son nom l'indique, est petit de taille. Il est stolonifère et forme de vastes colonies (15). L'espèce la plus importante est le *V. angustifolium* Aiton, mais font aussi partie du même groupe le *V. myrtilloides* Michaux, et parfois le *V. boreale* Hall & Aalders (9). Ces espèces affectionnent les hautes terres rocheuses aux sols légers, bien drainés, de fertilité moyenne à faible, de l'est du Canada et des régions du Nord-Est et des Grands Lacs aux Etats-Unis (15). On les trouve aussi dans la région des Alleghanys, aussi loin vers le sud que la Pennsylvanie et la Virginie-Occidentale. La production commerciale du bleuetier nain se concentre dans l'Etat du Maine aux Etats-Unis et au Canada, dans le Québec et les Maritimes (14). De 1966 à 1975, la production totale s'est élevée à environ 41 millions de livres (18,6 millions kg) par année. Le Maine, dont la production moyenne est de près de 18 millions de livres (8,2 millions kg) par année, vient en tête, suivi de la Nouvelle-Ecosse et du Québec qui produisent chacun environ 8 millions de livres (3,6 millions kg) annuellement (14). La cueillette se fait manuellement et la presque totalité des fruits va à l'industrie des conserves (15).

Le bleuetier en corymbe est une plante assez haute formant couronne. Cette définition peut s'appliquer à n'importe laquelle des 12 "espèces",

y compris certaines formes du bleuetier "rabbiteye", le troisième type de bleuetier exploité commercialement, du sous-genre indigène de l'est de l'Amérique du Nord, *Cyanococcus*, décrit par Camp (4). Un auteur a récemment groupé toutes ces "espèces", sauf une, en une seule population, très polymorphique, *V. corymbosum* L., qui s'étendrait de façon plus ou moins continue du sud de l'Ontario pour rejoindre le Michigan et le Wisconsin, et plus au sud, l'est du Texas et la Floride (25). Le bleuetier en corymbe atteint de 2 à 4, et occasionnellement 5, mètres de hauteur. On le trouve dans les habitats les plus divers: marais côtiers, régions marécageuses ou savanes de l'intérieur, aussi bien qu'aux flancs arides des collines, dans les plaines longeant les côtes, au pied des monts, et même en montagne (2, 25).

Le bleuetier en corymbe actuellement exploité provient d'un groupe de cultivars largement dérivés de génotypes tétraploïdes de la basse plaine côtière, catégorisés par Camp (4) comme *V. australe* Small et *V. corymbosum* mais qui seraient aujourd'hui groupés sous l'espèce *V. corymbosum* (25). L'hybridation de *V. corymbosum* avec *V. angustifolium* a aussi joué un rôle, quoique moins important, dans le développement de variétés commerciales de bleuetiers en corymbe tétraploïdes (9). Etant donné leur ascendance, les cultivars de bleuetier en corymbe utilisés sont adaptés aux terres basses mal drainées, ce qui a permis de les cultiver dans des régions qui avaient souvent été jugées impropres à toute culture (9). Les racines du bleuetier en corymbe étant peu profondes, elles exigent un apport constant, bien que non excessif, d'humidité (12). Cette exigence est le mieux satisfaite lorsque la nappe phréatique se trouve à une profondeur de 14 à 30 pouces (46 à 76 cm) de la surface du sol et qu'il existe une couche de sable bien drainée d'au moins 4 pouces (10 cm) d'épaisseur entre une couche de surface formée de sable et de matières organiques et une couche de fond dure maintenant la nappe phréatique au niveau désiré (12, 15). La croissance est généralement meilleure lorsque le pH du sol se maintient entre 4,3 et 4,8 (15). La culture du bleuetier en corymbe se limite aussi aux zones climatiques où l'on peut compter sur 1 000 heures ou plus de gel au cours de l'hiver (15).

Le bleuetier en corymbe est le type le plus important de bleuetiers cultivés. Les plantations occupent au total environ 26 000 acres (10 500 ha) (14). Au cours d'une période de dix ans, de 1966 à 1975, la production annuelle globale a été en moyenne de plus de 70 millions de livres (31,8 millions kg) (14). L'Etat du Michigan, dont la production se chiffre à plus de 30 millions de livres (13,6 millions kg) par année, vient en tête. Suivent le New Jersey, 22 millions de livres (10 millions kg), la Caroline du Nord, plus de 8 millions de livres (3,6 millions kg), l'Etat de Washington et l'Orégon, ensemble presque 5 millions de livres (2,3 millions kg) et la Colombie-Britannique, environ 4,5 millions de livres (2 millions kg) (14). En termes de surface cultivée et de récolte, la Colombie-Britannique semble être la région où la production s'est le plus accrue, se rapprochant en 1979 de celle de la Caroline du Nord (14). Le rendement par unité de production s'est échelonné d'un peu plus de 2 000 livres par acre (2 245 kg par hectare) en Caroline du Nord à 6 000 livres par acre (6 736 kg par hectare) dans l'Etat de Washington (14). Plus de la moitié de la production annuelle est transformée et, sauf pour la région du nord-ouest de la côte du Pacifique, presque tous les fruits destinés à l'industrie des conserves sont cueillis mécaniquement (17). La cueillette mécanique des fruits destinés à être consommés frais se répand de plus en plus, mais la plus grande quantité est encore cueillie à la main (17).

Le bleuetier "rabbiteye" (*V. ashei* Reade) est le type le plus récent à être exploité commercialement à partir de cultivars améliorés (9). Le bleuetier "rabbiteye" est une espèce hexaploïde extrêmement polymorphique, comprenant aussi bien des arbustes formant couronne que des plantes drageonnantes s'étendant parfois en colonies de plusieurs mètres de diamètre (4). Les plants peuvent mesurer de 1,5 à 6 mètres de haut (4). Le type "rabbiteye" croît en hauteur, comme le tétraploïde *V. corymbosum* (15). L'espèce est indigène dans l'est et le sud de la Géorgie, dans le sud de l'Alabama, le nord de la Floride et l'extrême sud-est de la Caroline du Sud (2, 4). Comme on l'a déjà mentionné, un auteur l'a récemment assimilée à *V. corymbosum* (25). Quelle que soit l'exakte position taxonomique du bleuetier "rabbiteye", les cultivars améliorés

qu'on en a obtenus se différencient morphologiquement du bleuetier en corymbé tetraploïde exploité commercialement, aussi bien par les caractères du plant lui-même que par ceux du fruit.

Le bleuetier "rabbiteye" n'exige qu'une courte période de repos en hiver. Il est adapté à la plaine côtière et aux régions de piémont à partir du centre-nord de la Floride, vers l'ouest jusqu'à la partie est du Texas, et vers le nord jusqu'au centre de l'Arkansas, les deux Carolines et le sud-est de la Virginie (15). Il croît dans les terres hautes où les cultivars ordinaires du bleuetier en corymbe ne le pourraient pas. Il n'est pas non plus aussi exigeant que le bleuetier en corymbe quant au type de sol et tolère mieux la chaleur et la sécheresse. En outre, il est plus vigoureux et plus productif. Il se prête particulièrement bien à la cueillette mécanique, car le fruit est ferme et la hile petite et sèche (9). Les bleuets des cultivars de "rabbiteye" mûrissent plus tard que ceux du bleuetier en corymbe et la période de fructification est généralement plus longue (15).

Selon M. M.E. Smith, directeur de la Georgia Blueberry Association, les plantations de bleuetier "rabbiteye" en Géorgie occupent une superficie d'environ 1 000 acres (405 ha) (21). Il ajoute que la production devrait atteindre cette année un total d'environ 1 million de livres (455 000 kg) et probablement 6 millions (2,7 millions kg) d'ici 1985. Les efforts de commercialisation, qui pour le moment portent sur la consommation du fruit frais, visent surtout les marchés de la Géorgie et des Etats avoisinants. Plusieurs centaines d'acres sont aussi en production dans d'autres régions du sud-est des Etats-Unis, où la commercialisation se fait principalement par l'intermédiaire des centres de distribution locaux ou de cueillette par l'acheteur. Le bleuet étant surtout destiné à être consommé frais, sa cueillette se fait en grande partie manuellement.

L'aménagement des bleuetières indigènes se limite encore au brûlage (11) pour réduire autant que possible la concurrence des mauvaises herbes et

remplacer les vieux arbustes par de jeunes pousses plus productives, grâce en partie aux éléments nutritifs libérés par les végétaux brûlés et les matières organiques de la surface. Le brûlage est aussi un moyen de lutte contre les insectes et les maladies, mais on croit que, après quelques années, il contribue au déclin des bleuetières en détruisant ou réduisant la couche de matière organique à la surface et l'horizon A₁ du sol (11). Le brûlage se fait d'habitude tous les deux ans, tard à l'automne ou de bonne heure au printemps, avant que reprenne la croissance végétative. On se sert le plus souvent de lance-flammes de conception spéciale, alimentés au mazout n° 2. Le bleuetier nain indigène, comme toutes les autres espèces de la section *Cyanococcus*, ne produisant de fleurs et de fruits qu'à partir de bourgeons formés au cours de l'année précédente (9, 11), c'est dire que les champs brûlés ne donnent de récolte que tous les deux ans. A cause, en particulier, de la montée en flèche ces dernières années du prix du pétrole, les producteurs songent de plus en plus à l'utilisation d'autres méthodes de rénovation des bleuetières indigènes, le fauchage, par exemple (11). Il faudrait cependant que l'outil utilisé soit conçu de façon à effectuer un travail uniforme sur un terrain qui est le plus souvent inégal. De plus, les pousses nouvelles tendent à se former sur ce qui reste des vieilles tiges après le fauchage, plutôt qu'à partir des rhizomes, comme c'est le cas après le brûlage. Les pousses provenant des rhizomes sont en général plus vigoureuses (11). Mentionnons aussi qu'on ne connaît pas encore quels effets pourrait avoir à long terme le fauchage des bleuetières indigènes sur les insectes, les mauvaises herbes, la fertilité du sol (11).

Les bleuetiers en corymbe et les bleuetiers "rabbiteye" sont disposés en rangées afin de permettre l'utilisation de machines pour la culture et la cueillette (15). Le bleuetier en corymbe est généralement cultivé en planches surélevées pour assurer au système racinaire une bonne aération. Les plants sont espacés de 4 à 5 pi (1,2 à 1,5 m) et les rangées de 10 pieds (3,1 m) (12). Pour ce qui est du bleuetier "rabbiteye", en raison de sa vigueur exceptionnelle, il est préférable de distancer les plants de 6 à 12 pi (1,8 à 3,7 m) et les allées de 12 pi (3,7 m) (12, 15). Dans

les terrains bas, les plants de bleuetier "rabbiteye" sont aussi disposés en planches surélevées. Les plants cultivés en hautes terres connaîtront un meilleur développement si, lors de la plantation, on incorpore des matières organiques au sol, qu'on recouvre ensuite d'un paillis (12). Le bleuetier en corymbe exige une taille de formation, qui est essentielle aussi pour éviter la surproduction, conserver aux arbustes vigueur et productivité, et assurer la rénovation (12). Bien qu'en général on ne taille que très peu le bleuetier "rabbiteye", une taille légère pourrait aider à maintenir la vigueur des rameaux fructifères et empêcher les arbustes de devenir trop touffus (15).

La multiplication du bleuetier en corymbe se fait facilement par boutures de bois dur ou tendre, qu'on fait reprendre sous brouillard intermittent (15). Dans les exploitations commerciales, on se sert surtout de boutures de bois dur (12). On recommande généralement l'usage de planches de multiplication surélevées, remplies à une épaisseur de 4 à 6 pouces (10 à 15 cm) d'un mélange en parties égales de sable grossier et de tourbe horticole, pour assurer à la fois un bon drainage et une rétention suffisante d'humidité (12). Le bleuetier "rabbiteye" se multiplie d'ordinaire par boutures de bois tendre (15). Les bleuetières indigènes actuelles sont des peuplements naturels hétérogènes et la multiplication se fait par les graines. On étudie présentement la possibilité d'une multiplication orientée, par graines et par clones, en vue d'accroître la productivité de ces champs (8).

Le bleuetier profite de l'apport d'engrais, spécialement d'azote ammoniacal. Des engrais complets (N-P-K) sont généralement incorporés au sol pour rentabiliser davantage les cultures de bleuetier en corymbe et de "rabbiteye" (6, 12, 15). Dans les "sables organiques" où croissent les bleuetières en corymbe de la Caroline du Nord, le phosphore et l'azote sont facilement lessivés, ce qui peut devenir un inconvénient (6). Il peut aussi exister, mais non de façon générale, des carences en oligo-éléments comme Fe, B et Cu (6). Jusqu'ici, l'apport d'engrais au bleuetier nain n'était considéré comme vraiment utile que dans un sol très pauvre, car

dans un sol modérément fertile, l'engrais profitait davantage aux plantes concurrentes qu'au bleuetier (19). Toutefois, avec l'avènement de divers produits chimiques et de meilleures méthodes de lutte aux mauvaises herbes ligneuses ou herbacées, il est maintenant possible de se servir d'engrais partout où l'on exploite le bleuetier nain indigène (10, 24). Les recommandations quant à l'application varieront grandement selon la région, selon le degré de fertilité naturelle du sol et selon la proportion d'éléments nutritifs perdus par lessivage du sol. C'est pourquoi les chercheurs et vulgarisateurs dans chaque région de production publient chaque année de nouvelles recommandations.

Comme on l'a déjà mentionné, pour lutter contre les mauvaises herbes dans les bleuetières indigènes on a de tout temps eu recours au brûlage, auquel on a joint plus récemment le traitement chimique. Dans les plantations de bleuetiers en corymbe et de bleuetiers "rabbiteye", on combine le binage mécanique et l'application de produits chimiques (12). L'une et l'autre méthodes exigent beaucoup de soin. Les bleuetiers ont des racines peu profondes et pour éviter de les endommager le binage doit être superficiel. Par ailleurs, l'application inconsidérée de produits chimiques peut endommager ou détruire les plants (12). Des recommandations précises quant au désherbage sont publiées chaque année pour chacune des régions où l'on cultive le bleuet.

Les régions où pousse le bleuetier sont pour la plupart soumises à des périodes de sécheresse. L'irrigation s'est révélée économiquement rentable, car elle a permis de maintenir de bonnes récoltes et d'éviter que, faute d'humidité, les arbustes meurent ou dépérissent (12, 15). Les systèmes de gicleurs au-dessus des plants servent aussi bien à l'irrigation qu'à la protection contre le gel à l'époque de la floraison.

La fécondation du bleuetier nain et du bleuetier "rabbiteye" exige la pollinisation croisée, car ces espèces ne sont pas normalement autofertiles (9). La pollinisation croisée peut contribuer à augmenter le calibre du bleuet en corymbe et en hâter la maturation, quoique les cultivars soient,

en général, autofertiles (1). Ce sont les abeilles qui assurent la pollinisation, mais puisque les abeilles sauvages sont souvent en trop petit nombre, on peut leur apporter le concours de colonies d'abeilles domestiques, à raison d'au moins une ruche par acre (2 à 3 par ha) (15).

La lutte contre les insectes ravageurs et les maladies est indispensable dans les exploitations commerciales. Les cultivars du bleuetier "rabbiteye" sont souvent considérés comme étant plus résistants aux insectes et aux maladies que les cultivars de bleuetier en corymbe; toutefois, avec la multiplication des plantations de "rabbiteye", il se peut que le besoin de mesures contre les insectes et les maladies se fasse de plus en plus sentir (12). Les dommages dus aux maladies sont probablement plus graves en Caroline du Nord que dans les autres régions productrices (15). Le climat chaud et humide de la Caroline du Nord et d'autres régions du sud des Etats-Unis est particulièrement propice au développement des maladies. On trouvera au tableau 2 une liste des principales maladies, de même que des insectes et arthropodes le plus susceptibles d'infester les exploitations commerciales (9, 12, 15, 23). Galetta (9) a établi une longue liste de maladies et d'insectes pouvant causer de sérieux dommages aux plantations de bleuettiers dans toutes les régions productrices.

Le coût du terrain, les taxes de plus en plus élevées, de même que l'empiétement constant des villes, restreindront sans doute l'expansion au cours des années 80 des bleuettières actuelles, tant en ce qui concerne le bleuetier nain que le bleuetier en corymbe (16). Toutefois, dans les Etats du sud-est et du centre-sud, il se peut qu'on ajoute considérablement aux surfaces cultivées en bleuet "rabbiteye" et bleuet en corymbe et que ces nouvelles bleuettières deviennent productives au cours de la décennie actuelle (16). Les progrès réalisés dans l'horticulture, tels la généralisation de l'irrigation, l'amélioration des cultivars et l'obtention de clones spécifiques reconnus exempts de viroses, peut-être même aussi la multiplication massive grâce à la culture de méristème, devraient conduire à un accroissement phénoménal de la productivité des bleuettières existantes. Dans les régions où pousse le bleuetier nain, on reconnaît maintenant

l'avantage de l'utilisation de clones sélectionnés et cette pratique devrait se répandre, de même que l'aménagement de champs où il serait possible d'introduire la cueillette mécanique (16). Le North American Blueberry Council estime que, grâce à de tels progrès, la production annuelle moyenne à la fin de la présente décennie devrait passer du chiffre actuel de 112 millions de livres (50,9 millions kg) à environ 175 millions de livres (79,5 millions kg) (17). Pour absorber ce surcroît de production, il faudra accroître la consommation au niveau du marché de détail et ouvrir de nouveaux marchés d'exportation, tant pour le fruit frais que pour le produit en conserves ou transformé (16).

Tableau 1 Sections de *Vaccinium* indigènes en Amérique septentrionale, au nord du Mexique

Section	Espèce typique	Nom vulgaire	Distribution en Amér. du Nord
<i>Betodendron</i> (Nutt.) Klotzsch ¹	<i>V. arboreum</i> Marsh	Bleuetier à feuilles coriaces	De la Caroline du Nord jusqu'en Floride et à l'ouest jusqu'au Kentucky, à l'Indiana et au Texas
<i>Cyanococcus</i> (Gray) Klotzsch	<i>V. angustifolium</i> Ait. <i>V. ashei</i> Reade <i>V. corymbosum</i> L. <i>V. crassifolium</i> Andr.	Bleuetier nain Bleuetier "rabbiteye" Bleuetier en corymbe Bleuetier rampant	Moitié orientale de l'Amérique du Nord
<i>Herpothamnus</i> (Small) Uphof.	<i>V. myrtilus</i> L.	Airelle fausse-myrtille	Caroline du Nord, Caroline du Sud et Virginie
<i>Myrtilus</i> Koch ²	<i>V. erythrocarpum</i> Michx.	Canneberge des montagnes	Ouest de l'Amérique du Nord
<i>Oxycoccoides</i> (Benth.) Hook. Sleumer ³	<i>V. macrocarpum</i> Ait.	Canneberge	Partie sud des monts Appalaches
<i>Oxycoccus</i> Hill ²			
<i>Polycodium</i> (Raf.) Sleumer ¹	<i>V. stamineum</i> L.	Bleuetier à longues étamines	De Terre-Neuve à la Caroline du Nord à l'est et de l'Alaska à la Colombie-Britannique à l'ouest
<i>Pyrothamnus</i> Sleumer ¹	<i>V. ovatum</i> Pursh.	Bleuetier ovale	Du Maine à la Floride, et vers l'ouest, jusqu'au centre du Canada et au Texas
<i>Vaccinium</i> (L.) Sleumer ²	<i>V. uliginosum</i> L.	Airelle des marécages	Côte du Pacifique, centre du Canada jusqu'à la Colombie-Britannique
<i>Vitis-Idaea</i> Koch ²	<i>V. vitis-Idaea</i> L.	Airelle vigne d'Ida	Dans l'Arctique et s'étendant à l'intérieur des régions montagneuses de l'ouest des États-Unis et à l'est, jusqu'à New York
			Dans l'Arctique et la partie septentrionale de l'Amérique du Nord

¹ Espèce parente en Amérique tropicale.² Distribution circumboréale.³ Espèce parente dans les régions tempérées de l'est de l'Asie.

Tableau 2 Principales maladies et principaux insectes et arthropodes pouvant affecter les plantations commerciales de bleuëtiers de l'Amérique du Nord

Nom usuel	Organisme cause	Région principalement affectée
Champignons		
Pourriture sclérotique	<i>Monilinia vaccinii-corymbosi</i> (Reade) Honey	Toutes les régions
Chancre de la tige	<i>Botryosphaeria corticis</i> (Demaree & Wilcox) Arx et Muller	Caroline du Nord et sud des États-Unis
Chancre à <i>fusicoccum</i>	<i>Fusicoccum putrefaciens</i> Shear	Michigan
Moisissure grise	<i>Botrytis cinerea</i> Ters. ex Fr.	Nord-ouest de la côte du Pacifique et régions où pousse le bleuëtier nain
Brûlure phomopsienne	<i>Diaporthe vaccinii</i> Shear	Michigan
Rouille de la tige	<i>Botryosphaeria dothidea</i> (Moug. ex Fr.) (es. et de Not.)	Caroline du Nord
Blanc	<i>Microsphaera penicillata</i> Var <i>vaccinii</i> (Schw.) Cooke	Toutes les régions
Rouge	<i>Exobasidium vaccinii</i> Wor.	Régions où pousse le bleuëtier nain
Pourriture de la racine	<i>Phytophthora cinnamomi</i> Rands	New Jersey, Caroline du Nord et sud des États-Unis
Tache septorienne	<i>Septoria albopunctata</i> Cke	Sud des États-Unis et régions où pousse le bleuëtier nain
Anthraxose	<i>Glomerella cingulata</i> Spaulding et von Schrenk	New Jersey et Caroline du Nord
Mycoplasmes		
Rabougrissement	Virus du rabougrissement	New Jersey, Caroline du Nord et Michigan
Viroses		
Tache rouge annulaire	Virus de la tache rouge annulaire	New Jersey
Croissance filiforme des feuilles	Virus causant la croissance filiforme des feuilles	Michigan
Insectes		
Mouche du bleuët	<i>Rhagoletis pomonella</i> Walsh	Toutes les régions
Mouche de la canneberge	<i>Mineola vaccinii</i> Riley	New Jersey, Caroline du Nord, Michigan
Mouche de la cerise	<i>Grapholitha pachardi</i> Zell	New Jersey, Caroline du Nord, Michigan
Charançon de la prune	<i>Conotrachelus nanuphar</i> Herbst.	New Jersey, Caroline du Nord, Michigan
Cicadelle	<i>Scaphytopius magdalensis</i> Prov.	New Jersey, Caroline du Nord, Michigan
Arthropodes		
Mite du Bourgeon	<i>Aceria vaccinii</i> Keifer	Caroline du Nord

Bibliographie

- 1 Baker, P.C. 1970. A systematic study of the genus *Vaccinium* L. subgenus *Polycodium* (Raf.) Sleumer, in the southeastern United States. Thèse de doctorat, University of North Carolina, Chapel Hill, C.N., Etats-Unis.
- 2 Ballington, J.R., W.B. Kirkman, D.V. Barkley, et A.F. Huyler. 1980. *Vaccinium* germplasm collection, North Carolina and South Carolina, 1978 and 1979. Horticultural Crops Research Series 51, North Carolina State University, Raleigh, C.N., Etats-Unis.
- 3 Camp, W.H. 1942. On the structure of populations in the genus *Vaccinium*. *Brittonia* 4: 189-204.
- 4 _____. 1945. The North American blueberries with notes on other groups of *Vacciniaceae*. *Brittonia* 5: 203-275.
- 5 Chapman, A.W. 1893. Flora of the southern United States, 2^e édition, Ivison Publ. Co., New York, N.Y., Etats-Unis.
- 6 Cummings, G.A. 1980. Blueberry production in North Carolina as influenced by soil properties and applied fertilizer, p. 74-79. In Proc. North American Blueberry Research Workers Conf., 16-18 oct. 1979, Fayetteville, Ark., Etats-Unis.
- 7 Darrow, G.M. et W.H. Camp. 1945. *Vaccinium* hybrids and the development of new horticultural material. *Bul. Torrey Bot. Club* 72: 1-21.
- 8 Dykeman, B.W. et E.N. Estabrooks. 1980. Progress in the cultivation of the lowbush blueberry in New Brunswick, p. 68-73. In Proc. North American Blueberry Research Workers Conf., 16-18 oct. 1979, Fayetteville, Ark., Etats-Unis.
- 9 Galletta, G.J. 1975. Blueberries and cranberries, p. 154-196. In J. Janick et J.N. Moore (Ed.), *Advances in Fruit Breeding*, Purdue University Press, Lafayette, Ind., Etats-Unis.
- 10 Ismail, A.A. 1974. Terbacil and fertility effects on yield of lowbush blueberry. *Hort Science* 9 (5): 457.
- 11 _____ et D.E. Yarborough. 1980. Pruning lowbush blueberries - A review and update, p. 87-95. In Proc. North American Blueberry Research Workers Conf., 16-18 oct. 1979, Fayetteville, Ark., Etats-Unis.
- 12 Mainland, C.M. 1979. Commercial blueberry production guide for North Carolina. *N.C. Agr. Extn. Publ. AG 115*.
- 13 Morrow, E.B. 1943. Some effects of cross-pollination vs. self-pollination in the cultivated blueberry. *Proc. Amer. Soc. Hort. Sci.*

42: 469-472.

- 14 Proceedings, Annual Meeting, North American Blueberry Council, Inc., 1966-1980.
- 15 Scott, D.H., A.D. Draper, et G.M. Darrow. 1978. Commercial blueberry growing. Farmer's Bull. 2254, USDA, Beltsville, Mar., Etats-Unis.
- 16 Sheridan, P. 1980a. Blueberries, past, present and future. Proc. 15th Annual Meeting, North American Blueberry Council, San Juan, Porto Rico.
- 17 _____. 1980b. Executive Secretary, North American Blueberry Council, Inc., communication personnelle.
- 18 Shutz, J.H. 1944. Some cytotaxonomic and germination studies in the genus *Vaccinium*. Thèse de doctorat, Washington State Univ., Pullman, Wash., Etats-Unis.
- 19 Smagula, J. 1980. Effect of long-term N or NPK fertilization on lowbush blueberry yield and plant stand, p. 80-93. In Proc. North American Blueberry Research Workers Conf., 16-18 oct. 1979, Fayetteville Ark., Etats-Unis.
- 20 Small, J.K. 1933. Manual of the southeastern flora. New York, N.Y., Etats-Unis, publié à titre privé.
- 21 Smith, M.E. 1980. Executive director, Georgia Blueberry Association, communication personnelle.
- 22 Stevens, P.F. 1969. Taxonomic studies in the Ericaceae. Thèse de doctorat, University of Edinburgh, R.-U.
- 23 Wood, G.W. 1980. Management of lowbush blueberry insects, p. 170-174. In Proc. North American Blueberry Research Workers Conf., 16-18 oct. 1979, Fayetteville, Ark., Etats-Unis.
- 24 Yarborough, D.E. et A.A. Ismail. 1979. Barrenberry control in lowbush blueberry fields through selective application of 2,4-D and Glyphosate. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 104 (6): 742-745.
- 25 Vander Kloet, S.P. 1972. The North American blueberries revisited: a taxonomic study of *Vaccinium* section *Cyanococcus* Gray. Thèse de doctorat, Queen's University, Hamilton, Ontario, Canada.

The Contribution of Genetics to Modern Fruit Culture

Jules Janick

**Department of Horticulture
Purdue University West Lafayette
Indiana, U.S.A.**



Summary

The art of plant breeding has been practiced continually since early man discovered that agriculture would provide a more dependable food supply than nomadic food gathering. The Neolithic "agricultural revolution" (8 000 to 10 000 years ago) was based on the domestication and selection of useful species of plants and animals. Practically all of the crops, including fruit plants, which we now enjoy trace back to prehistory. Surely, this is our greatest heritage from the past and a most remarkable achievement of our so-called primitive progenitors.

For thousands of years plant breeding, and particularly fruit breeding, has been based on empirical knowledge: the art of selection, combined with the serendipitous discovery of unique genotypes. This is still true. The prediction of inheritance which we know now as the science of genetics, dates back only to the beginning of this century with the "discovery" of Gregor Mendel's great 1865 paper on the transmission of 7 characters in the garden pea. However, genetics has transformed fruit breeding into a distinct science in its own right. While the breeder's art still accounts for a large part of fruit plant improvement, progress has been intensified in this century with systematic programs based on genetics principles. The results can be seen in superior fruit cultivars grown in orchards, plantations, and vineyards. It has become apparent that the flourishing of the fruit industry in any area is directly related to local fruit breeding programs to develop superior, adapted phenotypes. Appreciation of this fact has led to renewed interest in fruit breeding worldwide.

Fruit breeding is faced with certain unique problems which make this field a special endeavor. The most burdensome is the long generation cycle, requiring from two to ten years, depending on species, which greatly curtails the exploitation of genetic recombination. The long juvenile period results in costly demands in field space and magnifies misjudgement in parental selection and breeding approach. Most fruit species have been maintained in a highly heterozygous condition and

large seedling populations are required. The polyploid and interspecific nature of many fruit plants is another complicating factor. In addition, the vegetative propagation of fruit crops has made it possible to perpetuate unique combinations which has tended to overemphasize the occurrence of chance rather than purpose in breeding. Finally, fruit culture is based on compound genotypes achieved by graftage of rootstocks, interstock, and scion cultivars which make it possible to employ specific genotypes for various plant functions.

It must be emphasized that fruit species are in different evolutionary stages of development in regards to breeding progress. Many fruit crops are still merely gathered, some are in the first stages of selection, and others have evolved from highly complex breeding strategies. In all a common, present problem is to maintain genetic variability from which breeding progress is dependent. Thus the preservation of germplasm has become a necessity that is unique to our times. Progress in cell and tissue culture may, in the nick of time, provide a solution to this problem.

The current approach to fruit breeding is to utilize basic advances in genetics, pathology, entomology, physiology, statistics, and other disciplines. We anticipate increased progress as new concepts and techniques are discovered, translated, and applied to the fruit industry.

In this paper I wish to emphasize what I believe to be the new thrust in fruit breeding—namely, the capture of horticultural by useful single genes and their incorporation into adapted genotypes. Because a useful single gene may be embedded in horticulturally inferior types it is necessary to first identify and isolate the gene and then transpose it into new beneficial combinations. I will illustrate how this is done by describing the identification, capture, and transmission of the gene that confers resistance to the apple scab inciting fungus Venturia inaequalis. The

breeding technique is known as the backcross method and involved two sets to fenetic elements: 1) a single dominant gene that confers field immunity to scab from Malus floribunda clone 821 and 2) the set of desirable genes that resides in superior cultivars of apple. Such a program is a standard breeding procedure but had not been attempted in fruit crops in the past because the long generation time discouraged such programs.

The present program is part of a cooperative breeding effort between Purdue University, Rutgers University and the University of Illinois. I wish to give full credit to the individuals who have carried on this program. They include E.B. Williams and F.H. Emerson of Purdue University, L.F. Hough and Catherine Bailey (retired) of Rutgers University, D.F. Dayton and J.B. Mowry (retired) of the University of Illinois and the late J.R. Shay of Purdue University and the University of Oregon. I also wish to acknowledge an unpublished manuscript by D.F. Dayton entitled *A History of the Illinois - Indiana - New Jersey Cooperative Apple Breeding Program*, from which I drew upon for details of this program.

Identification and isolation of the scab resistant gene

The gene for scab resistance used in this program was first identified by Dr. L.F. Hough from a collection of Malus species and hybrids assembled by Professor C.S. Crandall at the University of Illinois in the early 1900s. Apparently the "rediscovery" of Mendel's Law's in the first years of the twentieth century prompted Professor Crandall to attempt to relate the inheritance of apple to the fledging science of genetics. It is ironic that Dr. Crandall retired in 1927 thinking he had failed to find a single character under single gene control. (It is also an interesting fact that the famous Gregor Mendel was interested in breeding apples for crop improvement).

In 1942 Dr. L.F. Hough joined the Department of Horticulture at the University of Illinois and "inherited" the breeding material left by

Dr. Crandall. As a result of a severe epidemic of apple scab defoliating all susceptible unsprayed apple trees, one progeny showed an almost 1:1 segregation for scab resistance. This progeny was derived from the cross (Malus floribunda 821 x Rome Beauty) x (M. floribunda 821 x Rome Beauty). Further crosses with two resistant selections from this cross (F_2 26829 and F_2 26830) indicated that resistance was conferred by a single dominant gene subsequently named v_f (Venturia resistant from floribunda). The 1:1 ratio apparently resulted from the following cross:

$$v_f v_f \times v_f v_f \longrightarrow lv_f v_f : lvf v_f$$

It was later demonstrated that intercrossing plants heterozygous for resistance would produce the classic ratio of 3 resistant: 1 susceptible.

Subsequently studies by J.R. Shay, E.B. Williams, and D.F. Dayton indicated over 20 Malus species and hybrids possessed genetic resistance to apple scab (2). Further some of these sources were shown to have definite reaction types (e.g. a pit type, a non-pit type, a weakly sporulating type, etc.). Eventually through a series of intercrosses (tests of allelism) it was established that many of these sources were due to the same gene. Eventually 6 different genes (defined gene pools) were isolated as follows:

<u>Symbol</u>	<u>Original Source</u>
v_f	<u>M. floribunda</u>
v_m	<u>M. micromalus</u>
v_r	A Russian apple
v_{bj}	<u>M. baccata jackii</u>
v_b	Hansen's <u>baccata</u> #2
v_a	Antonovka (pit)

However, the development of races of Venturia has eliminated some of these genes from the program. Thus, a race has been found (race 5) that can overcome the v_m (micromalus pit type reaction). The v_f gene however, has not been attacked by fungal mutation and is the mainstay of the present program.

The v_f gene had many desirable attributes: 1) it showed no evidence of being violated by fungal races, 2) it was not linked to any undesirable effects, 3) it acted as a true dominant in the diploid, triploid or tetraploid condition, and 4) it was found in 2 selections, F_2 26829 and F_2 26830, that were horticulturally advanced over the original species. (Malus floribunda 821 has tiny fruit about 1 cm in diameter). These two selections thus formed the basis of the present scab resistant program in apples.

Transfer of scab resistance

The transfer of the dominant gene for scab resistance was obtained by a series of sexual hybridization of genotypes heterozygous for the v_f gene to adapted, high quality but scab-susceptible genotypes ($v_f v_f$). In such a cross, half of the progeny contain the dominant v_f gene in the heterozygous condition and can be clearly identified in the seedling stage when inoculated with spores of the cultured organism.

In making crosses, the scab resistant genotype can be either the seed or pollen parent but is usually the pollen parent because the scab resistant selections are usually small trees which will not support a heavy crop. However, abundant pollen from these selections can be easily collected, stored, and shipped. This enabled the actual cross to be made in adapted, frost-free locations over wide areas of North America.

Seed from controlled crosses made each spring have been assembled at Purdue University where they are germinated after stratification and then screened for scab resistance in the greenhouse during the winter in the

seedling stage. This phase of the program is under the able direction of Dr. E.B. Williams of the Department of Botany and Plant Pathogen. Resistant plants are then moved directly to the field (or nursery). Thus, only scab resistant plants are grown to fruiting in the field at close spacing; selections are then made to provide the best parents for the next generation.

The crossing process must be repeated with the most horticulturally desirable of the scab resistant seedlings. After 3-4 generations this process in essence "captures" the dominant scab resistant gene from Malus floribunda 821 and dilutes and eventually replaces all the other genes of Malus floribunda with the genes of the adapted but scab-susceptible types. These genes are recombined into new combinations to give new types of apple. To avoid inbreeding (backcrossing is equivalent to selfing in bringing about homozygosis) the high quality susceptible genotypes (equivalent to the recurrent parent in a classical backcross program) are varied each generation.

Results

The program has been very productive. By 1967 five selections with promise were identified as "Co-op" selections for grower test. At present (1980) 22 such selections have been released and the following named: 'Prima' (Coop 2), 'Priscilla' (Coop 4), 'Sir Prize' (Coop 5), and 'Jonafree' (Coop 22). A selection tested in France was named 'Priam' and a scab-susceptible seedling from this program was named 'Viking' by the Wisconsin Agricultural Experiment Station. Although the program was conceived to increase grower efficiency by reducing fungicidal sprays the impact of the environmental movement and the current energy crisis has greatly increased the relevance of this program.

The success of this modified backcross program was due to a number of factors which should be underscored:

- 1) a distinct horticultural advantage is immediately conferred to

any seedling that possessed the v_f gene;

- 2) the serendipitous transfer of other desirable genes of Malus floribunda such as genes for attractive fruit finish;
- 3) unconscious selection for precocity by the continual crossing of selections which fruit in the early years after planting;
- 4) selection for earliness and tolerance to other diseases.

Disease tolerance is easily recognized because scab resistance makes it possible to grow seedlings without fungicide protection.

Equally important has been the bonus achieved by the coordination of apple breeding that this cooperative program engendered. The program is now formally and informally cooperative between many apple breeding programs throughout the world. In 1963 an informal organization known as the Apple Breeders Cooperative was formed which coordinates research effort among apple breeders with special attention to disease resistance. As a consequence of this effort a number of disease resistance programs have been organized throughout the United States and Canada.

The future

The same technique that I have described is being used for other important fruit crops. It is remarkable how many important characters in fruit crops are under the control of a single gene or few genes. These include dwarfness in stone fruits, self-compatibility in cherry, the day neutral character in strawberry, thornlessness in brambles, and red skin color in pear.

In the next 20 years I predict that our common fruits will be improved with the incorporation of these and other new genes that remain to be discovered. The bonus effect will also be found in the serendipitous discovery of new happy recombinants. Thus the marriage of genetics and horticulture will bring to the fruit industry what is eventually the creation of new plants from old genes.

Literature Cited

- 1 Janick, J. and J.N. Moore. 1975. Advances in fruit breeding. Purdue University Press.
- 2 Williams, E.B. and Kuc, J. 1969. Resistance in Malus to Venturia inaequalis. Annu. Rev. Phytopath. 7: 223-246.

La génétique et l'arboriculture fruitière

Jules Janick

**Département d'horticulture
Purdue University
West Lafayette, Indiana
États-Unis**



L'Homme n'a cessé d'améliorer les espèces végétales par la génétique, à partir du moment où il a découvert que la culture des plantes lui assurait plus facilement la subsistance que la cueillette nomade. Dès l'époque néolithique, il y a quelque 8 000 à 10 000 ans, l'homme a instauré sa "révolution agricole" en domestiquant et sélectionnant les plantes et les animaux qui pouvaient lui être utiles. Presque toutes les plantes que nous cultivons, y compris les espèces fruitières, trouvent leur origine dans la préhistoire. Héritage remarquable d'un passé qui se perd dans la nuit des temps, les plantes connues aujourd'hui sont un tribut à l'ingéniosité du très lointain *Homo sapiens*, qu'on a pourtant dit primitif.

Pendant des millénaires, la culture des plantes, et en particulier des fruits, a reposé sur une connaissance empirique, c'est-à-dire sur une sélection judicieuse, parfois complétée par la découverte fortuite d'un génotype particulier. Cela demeure vrai. La science de l'hérédité, qu'on appelle aujourd'hui génétique, n'a émergé qu'au début de notre siècle avec la "découverte" de l'extraordinaire article publié en 1865 par Gregor Mendel sur la transmission par hérédité de 7 des caractères du pois de jardin. C'est la génétique pourtant qui a fait aujourd'hui de l'arboriculture fruitière une véritable science. Sans vouloir nier la large part de mérite qui revient à l'arboriculteur, on peut dire que l'amélioration de la production fruitière au cours du siècle présent doit beaucoup aux techniques inspirées de la génétique. Il en est résulté des cultivars de qualité supérieure pour les vergers, les plantations et les vignobles. Ajoutons que la prospérité de l'industrie fruitière dans quelque région que ce soit est liée à l'instauration de programmes permettant d'obtenir, grâce à la science de l'hérédité, des phénotypes supérieurs et mieux adaptés. L'évidence de ce fait a suscité un intérêt accru à travers le monde pour la recherche en arboriculture fruitière.

L'amélioration par la génétique de l'arboriculture fruitière pose certains problèmes bien spécifiques, dont le plus épineux demeure la longueur de l'intervalle entre les générations. Il faut compter en effet, selon les espèces, de deux à dix ans, ce qui ne permet guère l'expérience de

recombinaisons génétiques. La longue période juvénile est coûteuse en termes d'usage du terrain. Elle accentue de plus la gravité d'une mauvaise sélection des types parentaux ou d'une erreur dans le processus de multiplication. Le caractère hétérozygote ayant été conservé dans la plupart des espèces fruitières, il faudra constituer par semis de larges populations. La chose se complique encore du fait que bon nombre de ces espèces sont de nature polyploïde et interspécifique. De plus, la multiplication végétative a permis de perpétuer des combinaisons très particulières, tendant à favoriser le jeu du hasard plutôt que le croisement dirigé. Mentionnons finalement que la culture fruitière s'appuie sur des génotypes complexes obtenus par greffe sur racine, sur intermédiaire ou sur scion de cultivar, ce qui a permis d'utiliser des génotypes bien spécifiques pour diverses fonctions.

Il faut souligner que, pour ce qui est des progrès génétiques, les espèces fruitières se trouvent à différents stades d'évolution. Bon nombre de fruits sont encore cueillis à l'état sauvage, d'autres sont aux premiers stades de la sélection, tandis que certains sont le résultat de manipulations génétiques très complexes. Dans un cas comme dans l'autre, le problème actuel le plus commun est de conserver la variabilité génétique, dont dépend le progrès de l'hybridation. C'est pourquoi la conservation de germe-plasme est de nos jours devenue une nécessité. La culture du tissu végétal et des cellules pourrait sans doute en très peu de temps résoudre le problème.

L'arboriculture fruitière profite actuellement des progrès réalisés en génétique aussi bien qu'en pathologie, en entomologie, en physiologie, en statistique, et autres sciences. On s'attend à de nouveaux progrès à mesure que seront découverts d'autres concepts et d'autres techniques, qui pourront ensuite être adaptés et transposés dans le domaine de l'industrie fruitière. (1)*

* Les nombres, entre parenthèses, renvoient à la bibliographie.

Le présent exposé vise à mettre en lumière ce que je crois être le plus récent développement dans l'industrie fruitière: la capture de gènes simples d'utilité horticole et leur introduction dans des génotypes adaptés. Pour éviter qu'un gène utile soit introduit dans un sujet d'un type inférieur, il est essentiel que le gène soit d'abord identifié et isolé, pour ensuite l'incorporer à de nouvelles et meilleures combinaisons. Voici, pour illustrer le procédé, comment on a identifié, capturé et retransmis le gène conférant la résistance au champignon *Venturia inaequalis*, cause de la tavelure du pommier. La méthode d'hybridation utilisée est le "backcross", comportant le croisement des sujets avec leurs parents. Deux groupes d'éléments génétiques entrent en jeu: 1) un gène dominant unique, porteur du caractère de résistance à la tavelure, tiré du clone 821 de *Malus floribunda* et 2) l'ensemble des gènes porteurs des caractéristiques favorables des meilleurs cultivars de pommiers. Il s'agit d'une méthode assez courante, qui n'a cependant pas été essayée en arboriculture fruitière à cause de la longueur de l'intervalle entre les générations.

Les études actuelles font partie d'un programme coopératif de recherches entrepris par les universités Purdue, Rutgers et de l'Illinois. J'aimerais remercier comme il se doit ceux à qui revient le mérite de l'étude que je décrirai ici. Ce sont MM. E.B. Williams et F.H. Emerson, de l'université Purdue, M. L.F. Hough et Mme Catherine Bailey (maintenant retraitée), de l'université Rutgers, MM. D.F. Dayton et J.B. Mowry (maintenant retraité), de l'université de l'Illinois, de même que le regretté J.R. Shay, des universités Purdue et de l'Orégon. Je tiens aussi à mentionner un manuscrit non publié de D.F. Dayton, intitulé *A History of the Illinois-Indiana-New Jersey Cooperative Apple Breeding Program*, où j'ai puisé les détails de mon exposé.

Identification et isolation du gène de résistance à la tavelure

Le gène de résistance à la tavelure utilisé pour l'expérience a d'abord été identifié par M. L.F. Hough, dans une collection d'espèces de Malus et hybrides assemblée par le professeur C.S. Crandall à l'université de l'Illinois, au début du siècle. Il semble que la "redécouverte" alors de la loi de Mendel ait encouragé le professeur Crandall à étudier les caractères héréditaires de la pomme à la lumière de cette science toute nouvelle: la génétique. Malheureusement, lorsqu'il prit sa retraite en 1927, le professeur Crandall n'avait pu découvrir une seule caractéristique à déterminisme génétique simple. (Fait intéressant: l'illustre Gregor Mendel s'était lui aussi intéressé à l'hybridation des pommiers en vue de l'amélioration des récoltes).

En 1942, M. L.F. Hough se joignait au département d'horticulture de l'université de l'Illinois et "héritait" du matériel sur lequel avait travaillé le professeur Crandall. A la suite d'une grave épidémie de tavelure causant la défoliation de tous les pommiers vulnérables qui n'avaient pas été arrosés, on remarqua que l'une des lignées présentait autant de sujets résistants que non résistants. Cette lignée résultait d'un croisement entre l'hybride Malus floribunda 821 x Rome Beauty et l'hybride M. floribunda 821 x Rome Beauty. D'autres croisements avec deux sujets résistants sélectionnés à la suite du premier croisement (F_2 26829 et F_2 26830) ont permis de constater que le caractère résistant était transmis par un seul gène dominant, plus tard nommé v_f (caractère de résistance au Venturia, tiré de floribunda). Il semble que la répartition moitié moitié ait été le fait du croisement suivant:

$$v_f v_f \times v_f v_f \longrightarrow lv_f v_f : lv_f v_f$$

Il a été plus tard démontré que l'entrecroisement de plantes hétérozygotes pour le gène de résistance à la tavelure donnerait une proportion de 3 sujets résistants pour 1 vulnérable.

Par la suite, les études de J.L. Shay, E.B. Williams et D.F. Dayton ont

révélé que plus de 20 espèces de Malus ou hybrides possédaient le gène de résistance à la tavelure (2). On a de plus constaté chez certaines de ces sources des types définis de réaction (type relié aux pépins, type non relié aux pépins, type à faible sporulation, etc.). Plus tard, après une série d'entrecroisements (tests d'allélomorphisme), il a été prouvé que bon nombre de ces sources étaient reliées au même gène. Six gènes différents (stocks bien définis de gènes) ont finalement été isolés:

<u>Symbole</u>	<u>Source première</u>
v_f	<u>M. floribunda</u>
v_m	<u>M. micromalus</u>
v_r	une pomme russe
v_{bj}	<u>M. baccata jackii</u>
v_b	baccata n° 2 d'Hansen
v_a	Antonovka (pépin)

Toutefois, l'apparition de diverses races de Venturia a amené l'élimination du programme de certains de ces gènes. Par exemple, on a découvert une race (race n° 5) pouvant triompher de v_m (type de réaction relié aux pépins chez les micromalus). Le gène v_f n'a cependant pas été attaqué par le mutant du champignon et c'est sur lui surtout que s'appuie notre programme.

Le gène v_f offrait plusieurs caractéristiques favorables: 1) il ne présentait aucun signe de vulnérabilité aux races de champignon, 2) il n'était pas relié à aucun effet indésirable, 3) il agissait comme un véritable gène dominant, que le sujet soit diploïde, triploïde ou tétraploïde, et 4) il se retrouvait dans deux types sélectionnés, F_2 26829 et F_2 26830, qui, du point de vue horticulural, représentaient une amélioration par rapport à l'espèce d'origine. (Le calibre des fruits de Malus floribunda 821 n'est que d'environ 1 cm). F_2 26829 et F_2 26830 ont donc été à la base de notre programme visant à augmenter la résistance du

pommier à la tavelure.

Transmission du caractère de résistance

La transmission du gène dominant porteur du caractère de résistance à la tavelure a été réussie à la suite d'une série d'hybridations de génotypes hétérozygotes pour le gène v_f avec des génotypes de haute qualité, mais sensibles à la tavelure ($v_f v_f$). Un tel croisement produit des sujets dont la moitié sont hétérozygotes pour le gène dominant v_f et peuvent être facilement reconnus au stade du semis lorsqu'on leur inocule des spores d'un champignon de culture.

Le génotype résistant à la tavelure dont on se sert pour l'hybridation peut être le parent de graine ou de pollen, mais on se sert habituellement du parent de pollen car les sujets sélectionnés pour leur résistance à la tavelure sont d'ordinaire de petits arbres qui ne pourraient supporter une trop lourde fructification. On peut cependant en recueillir, stocker et expédier d'abondantes quantités de pollen, ce qui a permis d'effectuer ce genre de croisement en de nombreux endroits de l'Amérique du Nord qui sont bien adaptés et non exposés au gel.

Les graines obtenues à la suite de croisements dirigés effectués chaque printemps à l'université Purdue sont recueillies puis mises à germer après stratification. Au cours de l'hiver, les jeunes plants sont triés dans la serre selon leur résistance à la tavelure. Cette partie du programme est dirigée avec beaucoup de compétence par M. E.B. Williams, du département de Botanique et de Pathogénie des plantes. Les plants résistants sont élevés en plein champ (ou en pépinière) et peu espacés. Ils seront seuls mis à fruit. Les meilleurs seront ensuite sélectionnés pour devenir les géniteurs de la prochaine génération.

Le processus de croisement doit être répété en se servant toujours des plants résistants à la tavelure qui présentent les meilleures caractéristiques horticoles. Après trois ou quatre générations, on réussit à

"capturer" dans le Malus floribunda 821 le gène dominant de la résistance à la tavelure, tandis que les autres gènes de Malus floribunda sont dilués et éventuellement remplacés par les gènes de types bien adaptés mais sensibles à la tavelure. Ces gènes sont réarrangés en nouvelles combinaisons pour donner de nouveaux types de pommiers. Pour éviter la reproduction entre sujets étroitement apparentés (le croisement entre parents équivaut à l'autofertilisation et produit des homozygotes), on varie à chaque génération le génotype de qualité mais sensible à la tavelure (qui devient l'équivalent du parent porteur d'un caractère récessif dans un programme type de croisement avec le parent).

Résultats

Le programme a été très fructueux. Dès 1967, cinq types prometteurs ont été choisis pour servir aux épreuves faites en collaboration par les producteurs. Aujourd'hui (1980), nous en avons distribué 22, dont certains ont été nommés: "Prima" (Coop 2), "Priscilla" (Coop 4), "Sir Prize" (Coop 5) et "Jonafree" (Coop 22). Un sujet sélectionné, testé en France, a été nommé "Priam" et, dans le cadre du programme, un plant de semis sensible à la tavelure a été baptisé "Viking" à la station agronomique du Wisconsin. Bien que le programme ait été conçu en vue d'aider le producteur à améliorer le rendement de son exploitation en diminuant le nombre requis de vaporisations au fongicide, les nouvelles préoccupations écologiques et la crise de l'énergie en ont considérablement accru la pertinence.

Les succès obtenus doivent beaucoup à un certain nombre de facteurs qu'il est bon de souligner:

- 1) le plant muni du gène v_f possède un avantage horticulturnal incontestable;
- 2) la transmission par un heureux hasard d'autres gènes désirables de Malus floribunda, la belle apparence du fruit, par exemple;
- 3) la sélection involontaire pour la précocité, en multipliant les croisements de sujets sélectionnés produisant des fruits

dès les premières années;

- 4) la sélection en vue d'obtenir la précocité et la résistance à d'autres maladies; la résistance aux maladies est plus facile à constater du fait que la résistance à la tavelure permet de laisser les plantules se développer sans la protection de fongicide.

Notre programme coopératif a eu en prime un autre résultat d'égale importance: il a permis de coordonner l'action des pomiculteurs sélectionneurs. En effet, de manière officielle et non officielle, le programme s'inscrit parmi un grand nombre de programmes de développement de la pomoculture à travers le monde. En 1963, un groupe s'est formé, sous le nom de Coopérative des pomiculteurs, afin de coordonner la recherche en pomoculture, particulièrement en ce qui concerne la résistance à la maladie. La Coopérative a mis en oeuvre un certain nombre de programmes à cet effet à travers les Etats-Unis et le Canada.

L'avenir

La technique que je viens de décrire est aussi appliquée à d'autres grandes cultures fruitières. Le nombre de caractères importants des espèces fruitières qui sont déterminés par un ou quelques gènes est assez surprenant. Citons entre autres la petitesse des noyaux, l'autocompatibilité chez la cerise, l'indifférence au photopériodisme chez la fraise, l'absence d'épines chez la mûre, la couleur rouge de la pêche.

Au cours des vingt prochaines années, je prédis que nos fruits les plus connus seront améliorés par l'introduction de certains de ces gènes, ou d'autres gènes qu'il nous reste à découvrir. Et comme prime, le hasard nous gratifiera sans doute des trouvailles étonnantes à la suite d'heureuses recombinaisons. Ainsi la génétique, enrichissant l'horticulture, pourra par de nouvelles combinaisons des anciens gènes offrir à l'industrie fruitière des plantes toutes nouvelles.

Bibliographie

- 1 Janick, J. et J.N. Moore. 1975. Advances in fruit breeding. Purdue University Press.
- 2 Williams, E.B. et Kuc, J. 1969. Resistance in *Malus* to *Venturia inaequalis*. Annu. Rev. Phytopath. 7: 223-246.



Some World Horticultural Interest Spot

Norman F. Childers

**Blake Professor
Rutgers University
New Brunswick, New Jersey
U.S.A.**



People do so much more travelling around the world today vs years ago. Transportation costs and convenience are the big cause, and along with these has come accommodations. Much to my surprise, English is the accepted or common language around the world - in the main channels, of course. But if we get into the boondocks a bit, then we must resort to charades, drawings, groans and grunts to get our food, rest and destinations. Language differences probably caused me the most problems with currency a close second. Maybe some day we shall all speak the same language and use the same currency! Third in line for me seemed to be taxis. Every taxi cab driver is a new person with different standards of handling his clients. In changing money, I tried to keep my mouth as shut as possible and act like I knew exactly what was going on - so there might be less gipping. It worked most of the time.

It is too bad that young people, particularly assistant professors and instructors cannot find the money somewhere to make around-the world trips early in life. It is a wonderful experience and so helps in knowing one's field better, knowing the people working in it, and having the knowledge and perhaps color slides to add zest to lectures and conversations later. But young people tend to get themselves "tied down" with a family, new home, two cars, maybe a boat and they are "up-to-here" with debts and obligations. Travelling fellowships would be ideal with maybe private or government money. An idea anyway! It seems we older people about ready to retire or retired are the ones who make these wonderful tours, and then they bury us with all this knowledge!

Since this affair is an International Horticultural Show, I thought you may be interested in seeing the International Show held in Vienna, Austria the summer of 1974. By accident, I stumbled into the Show, attended and got a number of fine color 2 x 2s. The affair must have covered at least 1000 acres and was extremely well landscaped and planned. Among the attractions were: beds on beds of annual flowers, a native garden and forest area, a pond of aquatic plants, a lake for a boat ride, a tall symbol somewhat like the Teepee symbol you have here, a beautiful hotel

for overnight stay, a large restaurant over a big greenhouse type enclosure for nursery and landscape exhibits along with flower arrangements, individual exhibits over the grounds from world countries, a well-landscaped mall covering many acres, and a monorail to take you slowly over the grounds.

Since I have travelled in some 55 countries the past few years - and that is too many to discuss here, I shall take you to only a few where you have seen much discussion in the media in recent months, namely, Afghanistan, Israel, Lebanon, Kuwait, China, South Africa and Zimbabwe (Rhodesia).

I stopped in Afghanistan to see a friend of mine, Dr. Abdul Wakil, who is a PhD in pomology from East Malling Research Station in England. Dr Wakil was a senator representing agriculture in the 1960s and early 1970s until the country began going socialistic and the Russians took over. He had considerable land his father, an MD, had given him near Kabul and an hour west of Kabul on good macadam roads. Being a pomologist he went into the fruit business and grew nursery trees for himself and neighbors whom he converted from grain and legume crops to apples. They made more money and the fruit was in great demand because of general scarcity. In fact, they were planning to send truck loads to Teheran where I found a paucity of apples in November. Dr Wakil was acting more or less as an extension agent in "spreading the gospel" of how to grow fruit. He held a confab with about 45 growers at his orchard where the growers asked very intelligent questions in their native language and I tried to answer them through Dr. Wakil. I was impressed with their awareness and excellent questions - about the same as our growers would ask. The country, however, is very far behind times, maybe 300 to 500 years. Handling, storage and marketing of crops, feeding of livestock, etc. are almost nil and far outdated. Kabul has hardly any buildings of more than two stories, spread widely over the countryside. My friend recently left his country, his land, possessions and home quietly one night because the intruders are coming around at night in trucks and picking up residents who have a good home, a bit of money, or were in the government formerly, taking them

away and no one hears of them thereafter. Natives are doing everything they can to get the Russians out, hoping their efforts will not be futile. Most people go to Pakistan where Dr. Wakil went.

In the Mideast the rainfall is quite low, the land sandy and rocky with relatively few areas of good soil and water supply. It is near the eastern end of the Mediterranean Sea and near the Equator, so the climate is largely sub-tropical. In Israel at their Volcani Experiment Station about 30 minutes east of Tel Aviv, the researchers are using every means to get good crops from apples, peaches, bananas, persimmons, apricots, etc. by using growth and flowering chemicals, drip irrigation to save water, and using high-density plantings and management to get top yields on limited ground area. I was impressed with their ingenuity and sincerity in solving their problems under trying conditions. While I was there a large group of fruit growers came by bus from northern Israel to see experiments underway at the field station. In northern Israel we visited a fruit grower using many of our varieties as Rome in addition to their Ana variety. We finally found him out in the orchard carrying his machine gun. Border fights are a problem. We were not allowed to travel along the border between Israel and Lebanon until the police had checked the disced dusty strip inside a wide barbed wire strip, to be sure no enemy had crossed the border during the night.

I was in Lebanon after the 1973 War and before the last outbreak when considerable damage was done to Bierut. Their experiment station is over the mountain from Bierut about an hour and into the more fertile valley where much of the grain, fruits and vegetables are grown, even marijuana. They told me the police were afraid to come in the area for fear of being massacred, but they did try to control movement out of the country. I saw a few of our hippies over the countryside and in small towns. My former PhD student Dr Abdul Mamali, since left under pressure for Libya, kept me in his home for a week and we saw most of Lebanon. In the northern region considerable fruit is grown in small blocks, harvested by hand and carried out in baskets on donkeys, then shipped by truck to

modern packing and cold storage plants above and below Bierut. They even had a large controlled atmosphere storage monitored by TV. The Lebanese are hard workers and excellent marketers. The American University where I presented a seminar is impressive. It was established many years ago by Americans with church interests. In agriculture there are about 500 students who all are required to speak english and come from many countries, mostly the Mideast. The University is modern and fairly well equipped.

China was visited in 1977. The International Dwarf Fruit Tree Ass'n group of 21 were among the first to enter. Chinese faces are everywhere making us Caucasians stand out like a sore thumb. They gathered around us at every opportunity, mostly curious. The experiment stations in fruit were far out-dated and they had had some trouble with the "Gang-Of-Four" after Mao died, vandalising their plantings. They were seeing only outside research material their reviewing committees thought they should see. Hence, they were enthralled to see our magazines and books we had brought and left with them. The advertising intrigued them, photographs.

I might say here that wherever a professional in my capacity visits the professionals in another country, the only barrier is language. We are extremely friendly and humble with each other and ready to give almost any information we have each other. It is the politicians that cause the problem. Too bad! The big difference around the world between us and the communists in the agricultural programs is, it seems to me, the agricultural extension service. We have the best developed agricultural extension services in the world in teaching and working with the farmers to produce more and better crops. The extension services are fairly well developed in free countries but there is none in communist countries. The experiment station staffs work directly with the managers of the big state farms and ignore the little farmers. This is one of their big mistakes and it is shown in their capacity to produce farm products. Of course, the free enterprise system, or lack of, is the key. There are no roadside stands or pick-your-own. Farmers cannot hire anyone to work for them or develop their own business. They can grow their own food in their gardens.

I tell my students the only problem with the communist or Marxist system is that *it does not work* and this is the reason we have to ship them food.

Getting back to China, about the only new thing they had to offer us was a vast source of germ plasm for breeding purposes. Their fruit cultivars were generally of poor quality and bred to stand rough handling and no cold storage. We saw little refrigeration and the marketing was very poor. Emphasis is on grain and legumes (soybeans) for food with little attention to red meat production, only hogs to eat the garbage. Ducks were fairly popular because they could fare for themselves for food, mainly grass and water weeds. There was some fish, but we were hesitant to eat it, coming from polluted waters. They had a fairly new irrigation system that had been designed by the British and a good rail system designed by the Belgians. I was impressed with the children who were cared for by government women while their parents worked in the factories. These children were well trained, happy, and not afraid of us at all. I would have like to have taken a couple home with me! China has a long way to go to catch up with the free world - but their sights are set on year 2000. This may be overly optimistic.

Not many people have been going to South Africa and Rhodesia due to boycotting by the free world. The fruit growers were happy to see me and ask questions. But their professionals do travel the USA and Canada, mostly western areas, and many of the students get their advanced degrees mainly from California, a similar climate. I found the South Africans more like us than almost any other peoples in the world. I hardly knew I was outside the USA, except when we got in groups over a highball or two and they invariably switched to Afrakaans language which left me out in the cold! It is a mixture of Dutch, German and maybe a little English here and there, but Dr. Bob Wertheim who was on program here this week, tells me that the Hollanders have a rough time too trying to understand the language - apparently what they call "Old Dutch".

The South Africans are right up to snub on everything we have in North America and they are using all our techniques. I learned that drip irrigation actually originated in South Africa and not in Israel as I had thought. They are switching to cone-mounted spitters that spread the water in a circle about 4' wide, thinking it gives better water distribution than our drip system. They use almost entirely the M.793 stock that gives a tree about the size of our apple on MM.106. They have little or no interest in M.26 or M.9 stocks since they provide too little foliage to protect the fruit against the very hot sun that hits that area of the world. The year 1978-1979 was called, "The Year of Sunburn" since about a third of the crop was badly damaged. They have no interest in summer pruning for the same reason. South Africa has a well developed canning, drying and processing system, shipping much of their products to western Europe. But they pay a high import tax of 7-24% and must use every means to reduce their production costs, since they are the farthest from their markets of any country in the world.

I like South Africa very much, the people, the neatness of the cities, the homes, and the costs were attractive. A USA professor could retire on half his salary and go there and live about the same level as before retiring. They seem to be fairly self-sufficient and are not troubled very much by the boycotting. They intend to fight to the end, very bullheadly, if the Soviets try to undermine and take them over.

Rhodesia or Zimbabwe has changed since I was there early 1979. It is tending toward Marxist, the blacks are in charge and the whites are being treated favorably so long as they cooperate, but whites are still leaving the country at about 300 per month. It is self-sufficient as far as food goes, but most countries around Rhodesia are starving. I spent about two weeks with the experiment station staffs and extension people and found many of our techniques and cultivars being used. English is the language so it is easy to get around except, of course, the terrorists were operating while I was there and it was dangerous in travelling. Research in fruit and agriculture was just getting under

way, since it was started for fruit only 12 years previously. Deciduous fruit is largely grown east of Salisbury, a modern city. There are a lot of grapes in the southwest and in the southeast sub-tropical fruits and nuts predominate with citrus and sugar cane. Coffee and tea are substantial crops, along with grain and soybeans. Terrorist activity while I was there was mainly instigated by the Soviets, indirectly, of course, who are anxious eventually to take over Africa, including the mineral, gold, silver, and diamond assets and the excellent port at Cape Town, a beautiful city. The South Africans are adamant in resisting this to the end.

It has certainly been a pleasure to visit you here in Montréal to see the excellent Flower Show and to visit your staff and see their experimental work. I learned a lot.



Voyages horticoles à travers le monde

Norman F. Childers

**Professeur à l'université Rutgers
New Brunswick, New Jersey
États-Unis**



Aujourd'hui, les gens voyagent beaucoup plus qu'autrefois, et cela grâce aux prix abordables des billets et aux possibilités plus grandes de déplacement et d'hébergement. Au cours de mes voyages, j'ai constaté, à ma grande surprise, que l'anglais est compris à peu près partout sur les circuits les plus fréquentés. Mais, dès qu'on s'éloigne des sentiers battus, la communication devient difficile; il faut faire appel aux gestes, dessins, grognements et gémissements pour faire comprendre aux autochtones que l'on veut manger, se reposer ou encore que l'on cherche sa route. C'est cette barrière linguistique, suivie de près par celle de la monnaie, qui m'a causé le plus de problèmes. Un jour peut-être nous parlerons tous la même langue et utiliserons la même monnaie. Dans mon évaluation des difficultés, les taxis occupent la troisième place; chaque chauffeur de taxi a sa façon personnelle de traiter un client. Pour ne pas me faire exploiter je pratiquais au moment de payer la politique du silence, tout en ayant l'air de connaître la valeur de l'argent. Cette technique m'a réussi la plupart du temps.

Il est malheureux que les jeunes gens, en particulier les professeurs adjoints et les enseignants, n'aient pas les moyens de faire le tour du monde tandis qu'ils sont encore jeunes. Ces voyages sont une expérience merveilleuse qui leur permettrait de mieux connaître leur domaine d'activité, de rencontrer les gens qui y oeuvrent, d'acquérir des connaissances et peut-être même de rapporter des diapositives en couleur qui viendraient ajouter un peu de piquant aux conférences et conversations. Mais, parce que les jeunes gens semblent pressés de fonder une famille, d'acheter une maison, une deuxième voiture et parfois même un bateau, ils se retrouvent rapidement criblés de dettes et par conséquent incapables de voyager. Il serait peut-être bon que des organismes privés, ou encore le gouvernement, accordent des bourses pour voyager; voilà en tout cas l'idée lancée! Ce sont les gens agés comme moi, à la retraite ou sur le point de l'être, qui font ces beaux voyages et qu'on enterre ensuite avec toutes leurs connaissances!

Puisque nous sommes ici à une exposition horticole internationale, j'ai pensé qu'il vous intéresserait de voir des photos de l'exposition internationale tenue à Vienne, en Autriche, à l'été 1974. C'est par hasard que j'ai participé à cet événement; j'en ai rapporté de belles diapositives en couleur de deux pouces sur deux. Cette exposition devait s'étendre sur au moins 1 000 acres merveilleusement bien aménagés. On y trouvait, entre autres, de nombreuses planches de fleurs annuelles, une section réservée aux plantes et aux arbres du pays, un étang pour les plantes aquatiques, un lac pour les promenades en bateau, un emblème élevé ressemblant un peu à celui de la présente exposition, un bel hôtel, un grand restaurant dominant une serre qui regroupait des sujets pour pépinière et aménagement paysager, de même que des arrangements floraux, des plantes d'exposition venues du monde entier, un mail immense bien aménagé et un monorail courant au-dessus du site.

Au cours des dernières années, j'ai visité quelque 55 pays; il n'est évidemment pas question que je traite ici de tous ces pays. Je me contenterai plutôt d'en choisir quelques-uns dont on a d'ailleurs beaucoup entendu parler au cours des derniers mois, soit l'Afghanistan, Israël, le Liban, le Koweït, la Chine, l'Afrique du Sud et le Zimbabwe (Rhodésie).

En Afghanistan, j'étais allé visiter un de mes amis, Abdul Wakil, docteur en pomologie de la station de recherche East Malling en Angleterre. M. Wakil était sénateur à l'agriculture au cours des années 1960 et au début des années 1970 jusqu'à ce que le pays s'oriente vers le socialisme et que les Russes entrent en scène. Il possédait de vastes terres héritées de son père, un médecin, et situées un peu à l'ouest de Kaboul, la capitale, à une heure de route, sur macadam. En tant que pomologiste, il s'est lancé dans la production en pépinière d'arbres fruitiers pour lui-même et pour ses voisins, qu'il a convaincus de délaisser la culture des céréales et des légumes pour celle des pommes. Cette conversion s'est révélée lucrative puisque, en raison de leur rareté, les pommes étaient en grande demande. En fait, ils se préparaient à envoyer de pleins camions de pommes à Téhéran où j'ai constaté, en novembre, une

pénurie de ces fruits. M. Wakil agissait plus ou moins comme un vulgarisateur des techniques de production fruitière. Dans son verger, il a tenu une réunion à laquelle assistaient 45 producteurs qui ont posé, dans leur langue, des questions fort intelligentes auxquelles j'ai essayé de répondre par l'intermédiaire de M. Wakil. J'ai été impressionné par la pertinence des questions, qui pouvaient d'ailleurs se comparer à celles que pourraient poser nos producteurs. Par contre, le pays accuse un retard de 300 à 500 ans sur l'Occident. Les techniques de manutention, d'entreposage, de commercialisation des récoltes, d'alimentation du bétail, et j'en passe, sont pratiquement inconnues ou tout à fait démodées. On ne trouve à peu près pas d'immeubles de plus de deux étages à Kaboul et la ville se répand sur la campagne environnante. Mon ami a récemment fui son pays, abandonnant tous ses biens, parce que, la nuit, des intrus arrivent en camions, enlèvent les gens qui ont une belle maison, un peu d'argent ou qui ont appartenu à l'ancien gouvernement; par la suite, on n'entend plus jamais parler des victimes de ces rapt. Le peuple fait tout ce qu'il peut pour chasser les Russes. La plupart de ceux qui ont fui le pays se sont, à l'instar de M. Wakil, réfugiés au Pakistan.

Au Moyen-Orient, le taux de pluviosité est très faible; le sol est en général sablonneux et rocailleux et les bonnes terres, de même que les points d'eau, sont rares. Le climat de cette région située à l'extrémité est de la Méditerranée, près de l'Equateur, est subtropical. A la station expérimentale de Volcani, située à environ trente minutes à l'est de Tel-Aviv, en Israël, les chercheurs prennent tous les moyens pour obtenir de bonnes récoltes de pommes, de pêches, de bananes, de kakis, d'abricots; ils ont recours à des produits chimiques pour favoriser la croissance et la floraison, à l'arrosage par dégouttement pour économiser l'eau de même qu'à la plantation en forte densité et à l'aménagement pour obtenir des récoltes maximales sur des surfaces restreintes. J'ai été impressionné par leur ingéniosité et leur sincérité dans la recherche de solutions, et cela, malgré des conditions pénibles. Lors de ma visite à la station expérimentale, un fort groupe de producteurs fruitiers est venu par autobus, du nord du pays, pour assister aux expériences en cours. Nous nous sommes

rendus dans le nord d'Israël, chez un producteur fruitier qui cultive beaucoup de nos variétés, comme Rome, en plus de la variété domestique Ana. Nous l'avons finalement trouvé dans son verger, armé d'une mitraillette. Il faut dire que les batailles de frontière constituent un problème dans cette région. La police ne nous a autorisés à voyager le long de la frontière libano-israélienne qu'après s'être assurée, en vérifiant les marques-témoins faites dans le sable, qu'aucun ennemi n'avait franchi la frontière pendant la nuit.

J'ai visité le Liban après la guerre de 1973 mais avant le dernier conflit qui a touché si durement Beyrouth. La station expérimentale du Liban est située à environ une heure de Beyrouth, au-delà des montagnes, dans une vallée très fertile où se fait la majeure partie de la production nationale de céréales, de fruits et de légumes; on y cultive même de la marijuana. On m'a dit que la police craignait de venir dans ce secteur de peur d'être massacrée; elle essaie tout de même de contrôler les allées et venues à la frontière. J'ai vu quelques-uns de nos hippies dans la campagne et dans les petites villes. L'un de mes anciens élèves de doctorat, Abdul Kamali, qui a maintenant fui son pays pour la Lybie, m'a reçu chez lui pendant une semaine et nous avons pu visiter la majeure partie du Liban. Dans le nord, on trouve de petites exploitations produisant en grande quantité des fruits qui sont cueillis à la main, transportés à dos d'âne dans des paniers, puis expédiés par camions jusqu'à des usines d'emballage et d'entreposage situées en amont et en aval de Beyrouth. On trouve même un grand entrepôt à température contrôlée muni d'un système de surveillance par caméras. Les Libanais ne craignent pas le travail et sont d'excellents commerçants. L'université américaine où j'ai tenu un séminaire est impressionnante; elle a été fondée il y a de nombreuses années par des Américains, avec l'aide financière d'une Eglise. La faculté d'agriculture compte environ 500 étudiants qui sont tous tenus de parler l'anglais. Ces étudiants viennent pour la plupart des pays du Moyen-Orient. L'université est moderne et assez bien pourvue en matériel.

J'ai visité la Chine en 1977 avec un groupe de 21 personnes appartenant à la *International Dwarf Fruit Tree Ass'n* qui furent parmi les premiers à être admis. Notre présence parmi tous ces Chinois se remarquait comme le nez au milieu du visage. Ils se rassemblaient constamment autour de nous, la plupart du temps par simple curiosité. Les stations expérimentales de production fruitière sont démodées et les plantations ont été saccagées sous le règne de la bande des quatre, après la mort de Mao. Des recherches à l'étranger, les chercheurs chinois ne connaissent que ce que les comités de censure leur permettaient de voir. C'est pourquoi ils étaient captivés par les magazines et les livres que nous avions apportés et que nous leur avons laissés. La publicité photographique les intriguait.

Lorsqu'un professionnel va rencontrer les professionnels d'un autre pays, la seule barrière qui peut exister est la langue. Nous faisons preuve d'amitié et d'humilité les uns envers les autres et nous sommes toujours disposés à échanger presque intégralement nos connaissances. En fait ce sont les hommes politiques qui créent les problèmes et c'est bien dommage. Dans le domaine de l'agriculture, la grande différence entre les communistes et nous semble résider dans les services de formation sur le terrain. Dans ce domaine, nous possédons le meilleur service du monde quand il s'agit d'enseigner concrètement aux fermiers les techniques permettant de produire des récoltes qualitativement et quantitativement supérieures. Bien structuré dans les pays du monde libre, ce type de formation est inexistant dans les pays communistes. Le personnel des stations expérimentales travaille avec les grandes fermes d'Etat et ignore les petites exploitations. C'est là une des grandes erreurs du régime, laquelle d'ailleurs se reflète sur la production agricole. Evidemment, l'absence de la libre entreprise constitue le noeud du problème. On ne trouve dans ces pays, ni comptoir en bordure des routes, ni système de cueillette par l'acheteur. Les fermiers ne peuvent engager de main-d'oeuvre, ni développer leur propre ferme. Il leur est toutefois possible de faire pousser, dans leur jardin, des produits pour leur propre consommation. Je dis toujours à mes étudiants que la seule faiblesse du système communiste ou marxiste est qu'il ne fonctionne pas; et c'est

bien pour cette raison que nous devons envoyer de la nourriture aux pays communistes.

Mais, revenons à la Chine. Tout ce que nous y avons trouvé de nouveau se limitait presque exclusivement à une source de germe-plasma pour la reproduction. Leurs cultivars fruitiers, produits de façon à résister à une manutention plutôt rude et un entreposage non réfrigéré, sont généralement de pauvre qualité. La réfrigération n'existe à peu près pas et la commercialisation est déficiente. L'accent porte sur la production de céréales et de légumes (graines de soya); l'élevage du bétail est considéré comme accessoire, sauf pour le cochon qui se nourrit de déchets. Les canards sont assez populaires parce qu'ils trouvent eux-mêmes leur nourriture composée surtout d'herbes et de plantes aquatiques. On trouve aussi du poisson, que nous étions d'ailleurs réticents à manger puisqu'il est pris dans des eaux polluées. Les Chinois possèdent un système d'irrigation assez récent, conçu par les Britanniques, et un bon réseau de voie ferrée conçu par les Belges. J'ai été impressionné par le comportement des enfants, qui sont confiés à des gardiennes d'Etat pendant que leurs parents travaillent à l'usine. Ces enfants étaient bien élevés, heureux et nullement farouches. J'aurais bien aimé en ramener une couple avec moi. Face au monde libre, la Chine accuse un retard considérable qu'elle veut rattraper d'ici l'an 2000, prévision que je juge trop optimiste.

A cause du boycott pratiqué par le monde libre, peu de gens ont pu se rendre en Afrique du Sud et en Rhodésie. Les professionnels du domaine fruitier étaient heureux de m'accueillir et de pouvoir me poser des questions. Leurs spécialistes viennent aux Etats-Unis et au Canada, en particulier dans l'ouest de ces pays; de nombreux étudiants sud-africains obtiennent leur diplôme en Californie, où ils retrouvent un climat similaire à celui de leur pays. J'ai trouvé que les Sud-Africains étaient, de la plupart des peuples du monde, ceux qui nous ressemblaient le plus; en fait, j'aurais pu me croire encore aux Etats-Unis sauf lorsque nous nous réunissions pour prendre un verre ou deux et qu'immanquablement les étudiants se mettaient à parler afrikaans, langue dont je ne sais pas

un traître mot. C'est un mélange de hollandais, d'allemand et d'un peu d'anglais; M. Bob Wertheim, qui était conférencier ici même plus tôt cette semaine, me disait que les Hollandais ont du mal eux aussi à comprendre ce langage qu'ils appellent, semble-t-il, "le vieil hollandais".

Les Sud-Africains utilisent toutes nos techniques et sont sur le point de lever le nez sur ce que nous avons en Amérique du Nord. J'ai appris que l'irrigation par dégouttement était une invention sud-africaine, et non israélienne comme je l'avais d'abord cru. Ils sont à installer des vaporisateurs montés sur cône qui arrosent une superficie circulaire d'environ 4 pieds de diamètre et qui, selon eux, assurent une meilleure distribution de l'eau que notre système à dégouttement. Ils utilisent presque exclusivement des porte-greffes M.793 qui donnent des arbres de la hauteur de nos pommiers sur MM.106. Les porte-greffes M.26 et M.9 présentent peu d'intérêt pour l'Afrique du Sud puisqu'ils ne donnent pas assez de feuilles pour protéger le fruit contre le soleil, très ardent dans cette partie du monde. D'ailleurs, la saison 1978-1979 a été baptisée "l'année du coup de soleil" du fait qu'environ un tiers de la récolte a subi de lourds dommages par excès de soleil. Toujours à cause du soleil, on ne pratique pas de taille estivale. Les Sud-Africains peuvent compter sur un bon système de mise en conserve, de séchage et de transformation; ils exportent une grande partie de leur production vers l'Europe occidentale. La taxe à l'importation est toutefois très élevée (7 à 24%) et il leur faut utiliser tous les moyens possibles pour réduire les coûts de production, car aucun pays n'est situé aussi loin de ses marchés que l'Afrique du Sud.

J'ai bien aimé l'Afrique du Sud, les gens qui y vivent, la propreté des villes et le coût raisonnable de la vie. Un professeur américain jouissant d'une pension égale à la moitié de son salaire pourrait aller s'y installer et conserver à peu près le niveau de vie d'avant sa retraite. Le pays est assez auto-suffisant et semble peu affecté par le boycott. Les Sud-Africains sont bien décidés à lutter jusqu'au bout, et de façon opiniâtre, si les Soviétiques cherchent à ébranler le pays pour s'en emparer.

La Rhodésie, ou Zimbabwe, a bien changé depuis mon passage au début de 1979. Elle s'oriente vers le marxisme; les Noirs sont au pouvoir tandis que les Blancs, même s'ils sont bien traités tant qu'ils se montrent coopératifs, quittent le pays à raison d'environ 300 par mois. Le pays est auto-suffisant pour ce qui est de la nourriture; par contre, la majorité des pays voisins souffrent de la faim. J'ai passé environ deux semaines en compagnie du personnel de la station expérimentale et des responsables de la vulgarisation, ce qui m'a permis de constater qu'on utilise beaucoup de nos techniques et de nos cultivars. La langue n'est pas une barrière puisqu'on y parle l'anglais. Au moment de mon séjour, les terroristes étaient en pleine action, rendant les déplacements dangereux. La recherche sur les fruits et l'agriculture n'en était qu'à ses débuts, comptant à peine dans le cas des fruits, douze ans d'existence. Les fruits décidus sont l'objet d'une grande culture à l'est de la ville moderne qu'est Salisbury. Dans le sud-ouest, on cultive la vigne en abondance tandis que dans le sud-est on trouve des fruits à écale et des fruits subtropicaux, en particulier les agrumes et la canne à sucre. Le café, le thé, les céréales et les graines de soya constituent d'importantes récoltes. L'activité terroriste, au moment où j'étais en Rhodésie, était fomentée indirectement par les Soviétiques qui sont désireux de contrôler l'Afrique, ses minéraux, ses mines d'or, d'argent et de diamants, ainsi que le port moderne de la très belle ville qu'est le Cap. Les Sud-Africains sont bien décidés à résister à une telle tentative.

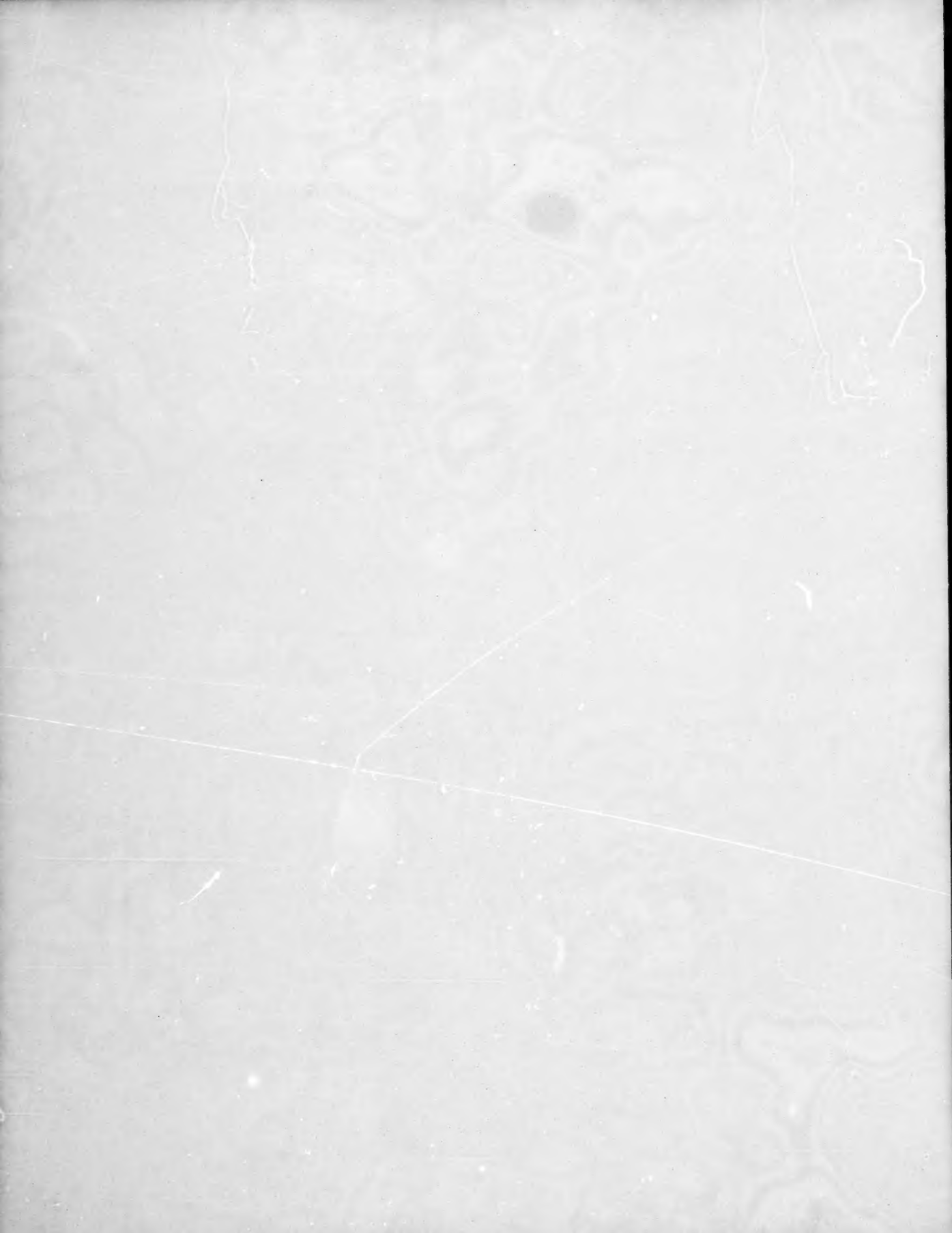
J'ai été très heureux de venir à Montréal et de visiter les Floralias. En compagnie du personnel, j'ai pu voir où en est la recherche ici et j'ai beaucoup appris.

Appendice 1

La propagation des pommiers Ottawa-3 et Malling 9 par la culture de tissus

**Élisabeth Strahlheim
Marcel Cailloux**

**Département de sciences biologiques
Université de Montréal
Montréal, Canada**



Introduction

Les méthodes actuelles d'exploitation de vergers de pommiers au Québec dépendent des techniques traditionnelles de bourgeonnement et de greffes pour obtenir la propagation clonale de cultivars. Des développements modernes de haute densité de plantations (CHILD, 1972; LUCKWILL & CHILD, 1973) d'après le concept de HUDSON 1971 d'un "meadow orchard" (verger-prairie) montrent que ce système pourrait devenir économiquement rentable, si des méthodes de propagation plus efficaces pouvaient produire des arbres à meilleur marché. Des densités de plantation de 30 000 à 100 000 arbres par hectare (12 000 à 40 000 arbres par acre) sont envisagées. Dans cette perspective, nous avons entrepris la multiplication végétative du pommier nain par la culture de tissus car cette technique permet d'obtenir rapidement et à bon compte des quantités impressionnantes de pommiers.

Des cultures *in vitro* de segments de tiges (microbouturage) de pommier avaient été réalisées dès 1967 par JONES et par la suite par DUTCHER et POWELL 1972, ainsi que par ELLIOTT 1972 et deux ans plus tard par QUOIRIN 1974. Cependant ces chercheurs n'avaient pas obtenu de multiplication de tiges et n'avaient obtenu de racinement que dans de très rares cas.

Ce n'est qu'en 1976 que ABBOTT et WHITELEY cultivèrent des extrémités de tiges de pommier dans le but de multiplication. Avec le pommier Cox's orange Pippin, ils obtinrent une multiplication de 10X par mois. Cependant, les tiges formées étaient petites et difficiles à raciner. De plus aucune plante ne fut établie hors des tubes à essai. La même année, JONES et HATFIELD 1976 ont démontré que des phénols qui se trouvent naturellement chez les pommiers tels que le phloroglucinol et l'acide phlorétique favorisaient grandement le racinement des plantules. Puis JONES et ses collaborateurs réussirent la propagation du porte-greffe M. 26 en 1977. Dans leur publication, ils disent n'avoir observé aucune mutation parmi les plantes propagées. De plus ils ont décrit une technique par laquelle ils pouvaient obtenir plus de 60 000 tiges en 8 mois à partir d'une seule

extrémité de tige. Ces tiges pouvaient être facilement induites à raciner.

En 1978, LANE qui travaille en Colombie-Britannique a fait rapport de régénération de pommiers McIntosh à partir de méristèmes apicaux. C'est précisément en 1978, alors que la publication de LANE n'était pas encore apparue, que nous avons commencé à travailler sur la multiplication du porte-greffe Malling 9 (M-9) et du porte-greffe Ottawa-3 (O-3) par la culture de tissus. Ce travail a été fait à la suggestion de M. Jean-Jacques Jasmin, directeur de la Station de Recherches, Agriculture Canada, à Saint-Jean, Québec. Puis, alors que notre travail était en cours, JAMES et TURBON 1979 publiaient sur le racinement rapide du M-9.

La propagation du pommier que nous avons entreprise a été réalisée à partir de méristèmes apicaux de bourgeons. Les raisons qui ont motivé le choix de méristèmes apicaux comme point de départ sont les suivants. 1^o Si on réussit à faire développer ces méristèmes en plantules sans l'apparition de cals et de tiges adventives, on est assuré d'une propagation clonale sans risques de mutations. 2^o Depuis la publication des travaux de MOREL et MARTIN 1952 sur les dahlias, on sait qu'en prélevant seulement le dôme méristématique avec une ou deux ébauches foliaires, on a de bonnes chances de prendre comme point de départ un tissu qui n'est pas infecté par les virus. On peut donc utiliser comme point de départ une plante virosée et obtenir par la suite des plantes saines. 3^o Les plantes obtenues peuvent être utilisées pour l'échange international de plantes saines (indexées).

MATERIEL ET METHODES

Nous avons obtenu de la Station d'Agriculture Canada de Saint-Jean, Comté d'Iberville, province de Québec, des branches de pommiers porte-greffe Malling-9 et Ottawa 3. Ces rameaux coupés en septembre-octobre étaient donc à l'état dormant. A leur réception au laboratoire, ils ont été

badigeonnés d'éthanol à 85% dans le but de les débarrasser d'une bonne partie des bactéries, levures et spores qui se trouvent normalement sur l'écorce. Par la suite ils ont été conservés à 4°C entourés d'un papier humide et protégés de l'évaporation par un sachet de polythène.

Une semaine ou deux avant le moment du prélèvement des méristèmes, les branches étaient sorties du réfrigérateur et laissées à l'air libre du laboratoire, leur extrémité coupée baignant dans de l'eau. Après une dizaine de jours, les bourgeons étaient éclos. C'est alors que le méristème des bourgeons éclos était prélevé dans des conditions aseptiques en se servant d'un microscope à dissection. Aussitôt prélevé, le méristème était déposé sur une gélose nutritive contenue dans un tube à essai en verre de 25 X 150 mm. Les tubes ensemencés étaient placés sur des étagères éclairées par des tubes fluorescents "cool white" de 40 watts situés à environ 30 cm au-dessus des méristèmes proprement dits. Ceci donnait aux tissus cultivés un éclairage d'environ 1400 lux. La durée d'éclairement pour toutes les expériences était fixée à 16 heures par jour. La température était de 28 à 30°C le jour et d'environ 24°C la nuit.

Le milieu nutritif de base était composé des sels minéraux selon MURASHIGE et SKOOG 1962, (MS) auxquels ont été ajoutés, en mg/l, 25 de NaH_2PO_4 , 100 de mésoinositol, 4 de vitamines B_1 , 0,5 de pyridoxine, 0,5 d'acide nicotinique, 3000 de saccharose. Le pH était ajusté de 5,6 et le milieu additionné de 0,7% d'agar. Puis les tubes contenant 15 ml de milieu nutritif étaient autoclavés pendant 15 minutes à la pression de deux atmosphères.

A ce milieu de base ont été ajoutées diverses cytokinines; soient la benzyle adénine (BA), la 6-yy diméthylallylaminopurine (2iP) ou la kinétine (Kn) pour provoquer la croissance de méristèmes ou la formation de tiges additionnelles. Par contre, pour induire la formation de racines c'est l'acide indole-butyrique (AIB) à des concentrations variées qui a été utilisée. Le phloroglucinol (PG) à diverses concentrations a aussi été ajouté dans certains cas au milieu de base comprenant ou non une

cytokinine ou de l'AIB. Toutes ces substances ont été ajoutées avant autoclavage.

RESULTATS EXPERIMENTAUX

I - Stade 1: Développement des méristèmes en plantules

Seules 2 cytokinines ont été étudiées, soient la benzyladenine (BA) et la Kinétine (Kn).

A- Sur Ottawa 3

1^o) Effet de la benzyl adénine

Les concentrations de cette hormone de division cellulaire ont été essayées à 0,5, 1,0, 2,0, 4,0, 6,0, 8,0, et 10 mg/l. Seule la concentration de 0,5 mg/l a donné une croissance des méristèmes sans l'apparition de malformation des feuilles ou la naissance de cals. Toutes les autres concentrations étaient trop élevées. Dans ce cas, la croissance des méristèmes est rapide: il se développe en une rosette de 4 à 6 feuilles en 4 semaines.

2^o) Effet de la kinétine

La kinétine, à toutes les concentrations essayées, ne donne pas des résultats aussi satisfaisants qu'avec la BA. A 0,2 mg/l, les méristèmes tendent à se développer, mais les feuilles formées sont anormales et il n'y a pas d'allongement de la tige. A 0,3 mg/l, il se développe un cal à la base de la tige.

B- *Sur Malling 9*

La Kn est supérieure à la BA pour la croissance initiale des méristèmes de ce cultivar. En effet, les méristèmes inoculés dans un milieu de base contenant 0,5 mg/l de BA ne forment qu'une petite rosette qui se développe lentement et dont l'apex tend à se dessécher à la 5^e semaine. Si par contre on utilise la Kn à 0,5 mg/l, la croissance a lieu. Cette dernière est cependant lente comparée à celle d'O-3 cultivé avec la BA. La rosette formée reste petite et ne possède que 2 à 4 feuilles. Une fois le développement de la rosette initié, il est préférable de transférer les jeunes propagules dans un milieu contenant 0,5 mg de BA. Dans ces conditions, les plantules présentent alors de 6 à 8 feuilles et les bourgeons axillaires commencent à se développer.

Donc, pour obtenir un développement normal des méristèmes de M-9, il faut d'abord utiliser la kinétine pour initier le développement, puis passer à la BA pour obtenir une croissance plus rapide et un développement de la tige, tandis que pour O-3, seule la BA suffit.

2 - *Stade II: La propagation par la formation de nouvelles tiges*

La propagation des plantules se réalise en provoquant l'apparition de nouveaux bourgeons axillaires qui se développent en tiges. On évite la production de bourgeons adventifs, surtout ceux qui peuvent apparaître sur un cal, car ceux-ci peuvent être des mutants. Chaque nouvelle tige formée, si elle a plus de 1 cm de long, peut servir à donner naissance à une nouvelle plantule. On peut provoquer l'apparition de bourgeons axillaires en utilisant des cytokinines appropriées.

A- *Résultats obtenus avec la kinétine*

L'effet de cette cytokinine a été étudié aux concentrations de 0,1, 0,5, 1, 3, 5 mg/l.

a) *avec Ottawa-3*

Le nombre de tiges obtenues augmente avec la concentration jusqu'à 5 mg/l. La concentration que nous avons considérée comme optimale est de 5 mg/l, car à mesure que la concentration augmente, la longueur des tiges, ainsi que le nombre de feuilles diminuent. Le nombre moyen de tiges par plantules est alors de 4.

b) *avec Malling-9*

Les faibles concentrations de Kn favorisent le développement de la tige principale et des feuilles, alors que les concentrations plus élevées permettent un accroissement du nombre de tiges secondaires. La concentration de 10 mg/l a donné le nombre maximal de tiges. Cependant, la moyenne de 2,9 tiges par plantules est faible par rapport à ce qui a été obtenu avec la BA.

En résumé, la Kn n'est pas très efficace pour obtenir un grand nombre de tiges, que ce soit avec O-3 ou M-9.

B- *Résultats obtenus avec la 2iP*

La 2iP a été étudiée aux concentrations de 1, 5, 10, 15 et 20 mg/l.

a) *avec Ottawa-3*

Avec O-3, la tige devient très allongée et relativement fine. Le rendement maximal est de 3,44 tiges en moyenne après 4 semaines avec 10 mg/l, mais à cette concentration les plantules sont trop malformées. Pour étudier l'effet des mélanges de cytokinines, nous avons choisi la concentration de 1 mg/l qui donne un peu moins de tiges, (2,88 en moyenne), mais qui donne des plantes d'aspect plus normal.

b) avec Malling 9

Avec M-9, les résultats obtenus nous montrent, qu'en général, les propagules sont malformées: plus la concentration augmente, plus les malformations sont prononcées. Le nombre de tiges produites est plus grand à 20 mg/l, mais alors les plants sont difformes et non favorables à la culture *in vitro*. Cependant, nous avons choisi la concentration de 15 mg/l.

C- Résultats obtenus avec la BA

La BA a été étudiée aux concentrations de 0,1, 0,5, 1, 2, 4 mg/l.

a) avec Ottawa-3

A 0,1 mg/l, les tiges sont longues et grêles et la dimension des feuilles considérable (2,5 X 1 cm) à comparer aux autres concentrations. A 0,5 mg/l, après 4 semaines, la tige principale produit le plus grand nombre de tiges secondaires, soit 6,1 tiges en moyenne, (axillaires, principalement, mais aussi adventives). Les feuilles sont bien formées seulement dans un faible pourcentage des cas. Autrement, elles présentent des anomalies caractéristiques qui peuvent être corrigées, comme nous le verrons plus loin, par l'utilisation du phloroglucinol.

Au-dessus de cette concentration, il se produit un développement intensif de bourgeons axillaires, mais le nombre de bourgeons qui se développent en tiges est moins grand. Il a donc été estimé que la concentration optimale de BA est 0,5 mg/l.

b) avec Malling-9

C'est à 0,5 mg/l que les tiges sont formées en plus grand nombre, soit 7,7 en moyenne par plantule. Plus la concentration

en BA augmente et plus les tiges des plantules s'épaississent et ont tendance à former un cal. De plus, le nombre de tiges formées est inférieur. Dans beaucoup de cas, les feuilles présentent aussi des anomalies caractéristiques qui peuvent être corrigées par l'utilisation de phloroglucinol.

D- Le rôle du phloroglucinol

Lorsque les plantes sont cultivées *in vitro* et particulièrement avec la BA, les feuilles prennent souvent une allure anormale caractéristique: elles sont d'abord moins larges mais aussi, ce qui est caractéristique, elles sont enroulées longitudinalement vers le bas, ce qui leur donne un aspect plutôt filiforme et donne l'illusion qu'elles sont plus longues que les feuilles normales (Fig. 1).

Le phloroglucinol a été essayé parce que JONES et HATFIELD 1976 et JONES 1976 avaient essayé ce composé sur ce pommier, et avaient noté qu'il améliore le rendement en nombre de tiges et l'index de racinement, qu'il accroît l'allongement des entrenœuds en plus d'augmenter le nombre de feuilles ainsi que leur grandeur.

Nous avons essayé trois concentrations de phloroglucinol, soit 40, 81 et 162 mg/l. A toutes les concentrations, le phloroglucinol aide les propagules à produire des feuilles normales. De plus, toutes les concentrations font augmenter le nombre de tiges utilisables pour la propagation. Cependant, c'est à 81 mg/l que les plantes sont le mieux développées et le plus normales. Il est préférable, au cours des repiquages successifs d'alterner les traitements en phloroglucinol, car si les malformations disparaissent d'abord, elles réapparaissent après deux repiquages successifs dans ce même milieu.

Figure 1 Illustrant la malformation caractéristique des feuilles qui apparaît spontanément au cours de la multiplication *in vitro* de Ottawa-3 et de Malling-9.

À gauche La plupart des feuilles sont normales, excepté quelques-unes du côté droit du plant.

À droite Malformation caractéristique de toutes les feuilles. Celles-ci sont enroulées longitudinalement.



A part l'effet bénéfique du phloroglucinol sur la morphologie des feuilles, ce composé influe aussi sur le nombre de tiges produites. Ainsi, pour 0-3 à 81 mg/l, il se produit une tige principale pouvant atteindre 2 cm de hauteur. Sur celle-ci des tiges axillaires au nombre de 9 en moyenne et parfois des tiges axillaires d'ordre II qui se développent en rosettes normales. Les entrenœuds sont relativement très espacés, permettant un meilleur développement des tiges secondaires.

Pour le M-9, toutes les concentrations de phloroglucinol aident les propagules à produire des feuilles normales. De plus, toutes les concentrations font augmenter le nombre de tiges utilisables pour la propagation. Cependant, c'est aussi à 81 mg/l que les plantules sont le mieux développées et d'apparence plus normale. On obtient alors 8,7 tiges en quatre semaines et 11 tiges en six semaines. C'est le nombre le plus élevé obtenu dans toute cette recherche.

E- Conclusion au sujet de la multiplication des pommiers 0-3 et M-9 par la culture de tissus

Le milieu MS additionné de vitamines et de BA à 0,5 mg/l est favorable à la fois au développement des méristèmes en plantules et à la production de tiges secondaires utilisables pour la propagation. Ceci est vrai pour 0-3 et M-9. Cependant le démarrage de la croissance de M-9 doit se faire avec de la Kn. De plus, le phloroglucinol à 81 mg/l prévient la malformation des feuilles et augmente légèrement le nombre de tiges par plantules, ce qui accroît de fait les possibilités de propagation des deux cultivars.

LE PROBLEME DU RACINEMENT CHEZ LE POMMIER

Jusqu'à récemment, le pommier en culture de tissus a été difficile à faire raciner. Ainsi en 1967, JONES était intéressé à vérifier si les cytokinines

fabriquées dans les racines peuvent bénéficier à la croissance des tiges. Il fit ses expériences sur le pommier en cultivant des segments de tiges *in vitro*. Il put mettre en évidence que l'addition de BA pouvait remplacer les racines, mais que la présence de cytokinine dans le milieu de culture empêchait le racinement de ses microboutures. Cependant, même en l'absence de BA, ses microboutures ne racinaient que de façon occasionnelle.

PIENAZEK 1968 confirma les résultats de JONES 1967 et n'obtint aussi qu'un racinement sporadique de ses microboutures. Puis ELLIOTT 1972 entreprit la culture de méristèmes de la pomme Granny Smith. Malgré que les méristèmes utilisés comprenaient bon nombre de cellules post-méristématiques (ses explants avaient 1 mm de hauteur), il n'obtint que la formation de feuilles. La même année, DUTCHER et POWELL 1972 ont cultivé des bourgeons de la pomme Cortland, à la fois dans des milieux liquides et sur des milieux gélosés. Ils obtinrent moins de 1% de racinement. Simultanément WALKEY 1972, travaillant avec des méristèmes de McIntosh cultivés sur ponts de papier, n'obtint qu'un très mauvais racinement. En effet, après 24 semaines, (qui est un temps très long), il n'avait obtenu que 30% de racinement. Quelques années plus tard, JONES 1976 s'intéressa à l'effet de la phloridzine sur le microbouturage des porte-greffes M-7 et M-26. Il n'obtint que des tiges, mais pas de racines. Le même laboratoire fit aussi un essai du phloroglucinol et de l'acide phlorétique sur le racinement (JONES et HATFIELD 1976). Ces composés ont été essayés parce qu'ils sont présents de façon naturelle chez le pommier. Avec le M-7, ils purent obtenir jusqu'à 90% de racinement en ajoutant 10^{-3} M de phloroglucinol au milieu de culture. La même année ABBOTT et WHITELEY 1976 eurent beaucoup moins de succès avec le pommier Cox's Orange Pippin. En partant de méristèmes, ils n'obtinrent qu'un mauvais racinement et n'ont pas tenté de transplanter leurs plantules hors des tubes à essai. L'année suivante, JONES, HOPGOOD et O'FARRELL 1977 utilisèrent un cultivar qui dans les conditions naturelles racine facilement: le M-26. Ils obtinrent 97% de racinement par le fait d'utiliser une auxine, l'IBA à la concentration de 1 mg/l et en supprimant la BA. Puis LANE 1978, travaillant avec le McIntosh, obtint un racinement, mais n'en indique pas le pourcentage. Il dit que le racinement est meilleur si on diminue la concentration des sels

minéraux du milieu nutritif utilisé pour faire développer les feuilles et montre que le saccharose aux environs de 2% est essentiel.

Notre travail de recherche s'est fait alors que les travaux de JONES, HOPGOOD et O'FARRELL 1977 et de LANE 1978 n'avaient pas encore paru. De plus, nous avons travaillé sur les cultivars M-9 et O-3 qui traditionnellement sont difficiles à raciner.

MATERIEL ET METHODES

Dans le but de provoquer le racinement chez le pommier nous avons en premier utilisé le grand principe mis de l'avant par SKOOG et MILLER 1956 qui met en évidence le rôle du rapport des concentrations de deux classes d'hormones clefs: les auxines et les cytokinines. Lorsque la concentration des auxines à l'intérieur de la plante est plus forte par rapport à celle des cytokinines, la morphogénèse a tendance à s'orienter vers la formation de racines. Pour réaliser cela, nous avons supprimé les cytokinines du milieu de culture, raisonnant qu'il restait assez de celle-ci dans la plantule. Nous avons ajouté une auxine dans le milieu de culture, et cela à différentes concentrations afin de déterminer celle qui serait la meilleure. L'auxine que nous avons choisie est l'acide indole butyrique, car selon JONES et HATFIELD 1976 qui avait travaillé sur le M-7, ce cultivar réagit avec plus de succès avec cette hormone.

Nous avons aussi étudié l'effet de la concentration du milieu minéral sur le racinement. En effet, il est connu que le racinement a lieu plus facilement dans un milieu minéral moins concentré que pour le développement des bourgeons. Or, le milieu de MURASHIGE et SKOOG est un milieu très riche en minéraux, qui donne une croissance optimale des tiges et des feuilles, mais qui n'est pas nécessairement idéale pour permettre l'apparition de racines. Il a donc paru utile de diluer le milieu de MURASHIGE et SKOOG dans diverses proportions afin de déterminer la meilleure concentration à utiliser.

Le troisième facteur qui a été étudié, est l'influence du phloroglucinol sur le racinement. JONES et HATFIELD 1976 avaient montré que ce composé à la concentration de 5×10^{-6} doublait le nombre de plants racinés chez le pommier M.7. Nous avons voulu vérifier s'il en va de même pour le M.9 et le O.3.

Le quatrième facteur que nous avons étudié est celui de l'influence de la structure physique du milieu dans lequel le racinement a lieu. En effet, les racines qui se sont développées dans un milieu gélosé ne sont pas fonctionnelles lorsqu'elles sont portées au sol lors de la transplantation. La plantule se trouve alors privée de racines fonctionnelles jusqu'à ce qu'elles en aient fabriqué de nouvelles. Pendant cette période qui dure de 7 à 10 jours, les plantules doivent être nécessairement conservées dans une atmosphère saturée d'humidité et, même dans cette condition, 20% des plantules ne survivent pas. Par contre, en remplaçant l'agar qui, par sa structure physique, provoque la formation de racines que nous avons appelées ici "racines d'eau" par un support à structure granulaire, il est possible que cela permettrait la formation de racines "de terre" plus fonctionnelles au moment de la mise en terre.

RESULTATS EXPERIMENTAUX

A- Le racinement en milieu gélosé

1° Effet de la concentration du milieu minéral

Nous avons essayé le milieu de MS à 100%, 66% et 25% en présence de l'AIB à raison de 1 mg/l. C'est à 50% de MS que le racinement a été le plus abondant.

2° Effet de différentes concentrations d'AIB

Les concentrations étudiées ont été 0,1, 0,3, 0,5, 1,0, 1,5, 2,0, et 3,0 mg/l.

a) sur Ottawa 3

Aux deux concentrations inférieures, le racinement était de 40%, produisant des racines rouges, ramifiées pouvant atteindre 5 cm de longueur. A partir de 0,5 mg/l, le racinement atteint 80%. Les racines, rouges, ont un diamètre normal et peuvent atteindre 8 cm de longueur. Malgré la présence d'un cal à la base de la tige, qui peut dans certains cas atteindre 1 cm³, les racines sont fortement attachées à la tige.

Aux concentrations d'AIB supérieures à 2 mg/l, les racines formées ont toutes le même aspect: elles sont blanchâtres ou légèrement rosées et d'apparence non fonctionnelle. Plus la concentration augmente, plus les racines sont fines et plus la plantule tend à former des cals sur la tige, les feuilles et les pétioles. Les racines formées sont alors toutes adventives: elles prennent naissance des cals ou directement des feuilles et des bourgeons axillaires. Elles sont aussi plus courtes qu'à 0,5 mg/l. Leur nombre est élevé, mais cela ne présente aucun avantage en regard de ce qui vient d'être établi.

b) sur Malling 9

La meilleure concentration d'AIB pour produire des racines a été 0,5 mg/l. Au-dessous de cette concentration, les racines étaient moins nombreuses. Au-dessus de cette concentration, la formation de cals devenait trop importante et les racines tendaient à devenir jaunâtres, fines, d'aspect malade.

3° Effet du phloroglucinol

L'étude du rôle possible du phloroglucinol sur le racinement s'est faite en présence d'AIB à 0,3 et à 0,5 mg/l. Les concentrations de phloroglucinol étudiées ont été de 82 à 162 mg/l.

a) sur *Ottawa-3*

A 0,5 mg/l de BA et 81 mg/l de phloroglucinol 90% des plantules sont déjà racinées après 2 semaines. A 4 semaines, le nombre de racines n'a pas augmenté, mais les racines sont plus longues.

A 0,5 mg/l de BA et 162 mg/l de phloroglucinol, seulement 1 plantule sur 10 a raciné, après 2 semaines. De plus, la tige présente un brunissement important, signe de toxicité. Quelquefois les feuilles prennent une teinte rougeâtre. Après 4 semaines, le pourcentage de plantes racinées passe à 40% et le nombre de racines par plantule est de 2,75 en moyenne. Les racines sont jaunâtres et leur longueur peut atteindre 4,5 cm en moyenne. Le rendement avec 0,3 mg de BA a été à tous points inférieur. Donc, la concentration de 81 mg/l de phloroglucinol avec 0,5 mg/l de BA s'est avérée la meilleure. Cependant l'augmentation du racinement apportée par le phloroglucinol n'est pas statistiquement valable par rapport au témoin sans phloroglucinol.

b) sur *Malling-9*

A aucune concentration le phloroglucinol n'a amélioré le racinement de ce cultivar. De plus, ce composé apporte des caractéristiques indésirables. Ainsi, à la meilleure concentration, soit 81 mg/l, la base de la tige principale commence par noircir. Puis il se forme un cal friable autour de la base de la tige principale et de la racine.

B- *Le racinement en sol artificiel*

Ce sol, composé de sphaigne, perlite, vermiculite 2:1:1 a été imprégné d'une solution de MS diluée de moitié et de saccharose à 30%, car en l'absence de sels minéraux et de saccharose, les plantules ne survivent pas. Comme nous ne connaissons pas le pouvoir absorbant de ce sol, deux concentrations d'AIB et de PG ont été étudiées: 1'une étant celle qui avait donné des meilleurs résultats avec le milieu gélosé, soit 0,5 mg/l d'AIB et 81 mg/l de PG et l'autre deux fois supérieure pour tenir compte de l'absorption possible du sol, soit 1 mg/l d'AIB et 162 mg/l de PG.

Les résultats varient selon que les plantules proviennent d'un milieu de culture contenant ou non du PG. Nous allons ici mettre en évidence les résultats obtenus avec les plantules provenant d'un milieu qui contenait du PG, car c'est avec elles que ceux-ci ont été les meilleurs.

a) *Résultats avec Ottawa-3*

En présence de seulement 0,5 mg/l d'AIB, le pourcentage de racinement est de 66% (4 sur 6). On doit dire cependant que, au cours de cette expérience, 4 plantules sur 10 avaient péri faute d'un bon contact avec le sol artificiel, par trop granuleux. Les racines, dans ce cas, sont blanches, solides et non ramifiées. La tige principale se développe bien. Elle atteint 2 cm de longueur.

Lorsque le racinement est induit dans 0,5 mg/l d'AIB en présence de 81 mg/l de PG, le racinement tombe à 42,8% (soit 3 plantules sur 7). Les racines sont blanches, fines mais solides et non ramifiées. La tige atteint aussi 2 cm.

Lorsque le racinement est induit dans le sol artificiel contenant 0,5 mg/l d'AIB en présence de 162 mg/l de PG, le pourcentage de racinement tombe à 14,8% (soit 1 plantule sur 7). La tige principale ne présente aucun allongement.

A 1 mg/l d'AIB ou sans phloroglucinol, le racinement a toujours été inférieur par rapport à 0,5 mg/l.

b) *Résultats avec M-9*

Avec 0,5 mg/l d'AIB, le meilleur racinement a été obtenu avec le phloroglucinol à 162 mg/l (6 plantules sur 10). Le nombre de racines par plantules racinées est de 5 en moyenne. Elles ont une longueur variant de 2 à 8 cm.

Le second meilleur racinement a été obtenu à 1 mg/l d'AIB sans phloroglucinol. Dans ce cas le pourcentage de racinement tombe à 50% et le nombre de racines par plant à 3. Les feuilles présentes au moment de la transplantation ont tendance à jaunir, tandis que les nouvelles feuilles sont vert foncé.

En résumé, les expériences avec un sol artificiel ont donné des résultats intéressants en ce sens que les racines produites sont beaucoup plus normales que lorsqu'elles se sont développées dans la gélose. Ceci peut être un avantage marqué au moment de la transplantation en pots, car alors les plantes devraient avoir une bien meilleure chance de survie. Par contre, avec le sol artificiel que nous avons utilisé, il est difficile d'établir à coup sûr un contact adéquat entre le sol et la plantule qui n'a alors qu'un centimètre de hauteur, d'où les pertes élevées qui ont été subies. De plus, il existe encore une équivoque quant à la meilleure concentration d'AIB et de phloroglucinol à utiliser. Ainsi, pour Ottawa 3, le meilleur rendement a été obtenu avec 0,5 mg d'AIB par litre et sans phloroglucinol, tandis que pour Malling 9 le meilleur rendement a été obtenu avec 1 mg d'AIB additionné de 161 mg/l de phloroglucinol. Ce résultat paraît contradictoire et l'expérience de laboratoire mérite d'être reprise.

Cependant, si cette expérience est reprise, il serait préférable de choisir un sol artificiel à granulosité moins grossière que celle que nous avons utilisée, afin d'être certain de pouvoir assurer un meilleur contact avec la plantule.

CONCLUSION GENERALE

Les principaux problèmes de la propagation des cultivars Ottawa 3 et Malling 9 ont été résolus. Dès maintenant, on peut envisager la propagation commerciale à haute échelle de ces deux cultivars. Pour vous donner une idée des possibilités de la propagation de ces cultivars par la culture de tissus, établissons quelques statistiques.

Au point de vue pratique, le nombre de plants de pommier porte-greffe que l'on peut obtenir par cette méthode est impressionnant et à la longue est même susceptible d'être amélioré. Ainsi, d'après nos chiffres pour Ottawa-3, en tenant compte de toutes les pertes possibles en cours d'opération, on obtient à partir d'une banque de 100 plantes mères maintenues *in vitro*, un *minimum* de 150 000 petits pommiers racinés en 160 jours et prêts à être mis au champ. Si l'on ajoute les quelques 70 jours nécessaires pour faire grandir les porte-greffe à grandeur conventionnelle d'exploitation, cela fait un total de 230 jours pour obtenir des porte-greffe utilisables commercialement. Ceci comprend les tests nécessaires pour obtenir des plants certifiés (exempts de virus) qui ont été faits au niveau de la banque de plantes mères.

En pratique, on n'attend pas d'avoir à manipuler simultanément 150 000 plantes, car ceci demanderait de l'équipement de laboratoire et une main-d'oeuvre semi-spécialisée trop considérables. En effet, il est difficile de demander à une personne de repiquer plus de 500 plantes par jour. Il s'agit donc de planifier la production afin d'éviter les effets de la progression géométrique du rythme de propagation des plantes et d'étaler

raisonnablement la production.

Le clonage d'espèces horticoles par culture de tissus s'impose déjà au Québec à cause de son rendement élevé et du coût plus faible de production. Cependant, les horticulteurs laissés à eux-mêmes ne peuvent songer à s'engager dans un tel genre d'entreprise, car ceci demande des connaissances propres à un laboratoire. Le succès de ces nouvelles entreprises dépendra de la capacité des horticulteurs de s'adjoindre aux universitaires qui veilleront à la bonne marche du laboratoire. L'avenir de l'horticulture est déjà maintenant lié d'une façon indissoluble au laboratoire, et le succès dépendra d'une osmose intime entre la pratique terrienne et la pratique en laboratoire.

Bibliographie

- 1 ABBOTT, A.J., WHITELEY, E. 1976. Culture of Malus tissues in vitro. I. Multiplication of apple plants from isolated shoot apices. *Scientia Horticulturae* 4, 183-189.
- 2 CHILD, R.D. 1972. Meadow orchard workable but still many problems to solve. *Grower* 77, 179-181.
- 3 DUTCHER, R.D., POWELL, L.E. 1972. Culture of apple shoots from buds in vitro. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 97, 511-514.
- 4 ELLIOTT, R.F. 1972. Axenic cultures of shoot apices of apple. *New Zealand J. Bot.* 10, 254-258.
- 5 HUDSON, J.P. 1971. Meadow Orchards. *Agriculture* 78, 157-160.
- 6 JONES, O. P. 1967. Effect of benzyl adenine on isolated apple shoots. *Nature (London)*. 215, 1514-1515.
- 7 JONES, O. P. 1976. Effect of phloridzin and phloroglucinol on apple shoots. *Nature* 262, 392-393.

- 8 JONES, O. P., HATFIELD, S.G.S. 1976. Root initiation in apple shoots cultured in vitro with auxins and phenolic compounds. J. Hort. Sci. 51, 495-499.
- 9 JONES, O. P., HOPGOOD, M.E., O'FARRELL, D. 1977. Propagation in vitro of M. 26 apple rootstocks. J. Hort. Sci. 52, 235-238.
- 10 LANE, W. D. 1978. Regeneration of apple plants from shoot meristem tips. Plant. Sci. Lett. 13, 281-285.
- 11 LUCKWILL, L. C., CHILD, R.D. 1973. The meadow orchard - a new concept of apple production based on growth regulators. Acta Hort. 34, 213-220.
- 12 MOREL, G., MARTIN, C. 1952. Guérison de dahlias atteints d'une maladie à virus. C. R. Acad. Sci. Paris D235, 1324-1325.
- 13 MURASHIGE, T., SKOOG, F. 1962. A revised medium for rapid growth and bio-assays with tobacco tissue cultures. Physiol. Plant. 15, 473-497.
- 14 PIENAZEK, J. 1968. The growth in vitro of isolated apple-shoot tips from young seedlings on media containing growth regulators. Bull. Acad. Pol. Sci. 16, 179-183.
- 15 QUOIRIN, M. 1974. Premiers résultats obtenus dans la culture in vitro de méristème apical de sujets porte-greffe du pommier. Bull. Rech. Agron. Gembloux 9, 182-192.
- 16 SKOOG, F., MILLER, C. O. 1956. Chemical regulation of growth and organ formation in plant tissue cultures in vitro. Symp. Soc. Exp. Biol. 9, 118-131.
- 17 WALKEY, D. G. 1972. Production of apple plantlets from axillary bud meristems. Can. J. Plant. Sci. 52, 1085-1087.

Adresses

James R. Ballington
North Carolina State University
Raleigh, North Carolina
U.S.A.

Professeur Ph. Boxus
Station des Cultures
fruitières et maraîchères
Chaussée de Charleroi
234-5800 GEMBOUX
Belgique

Norman F. Childers
Rutgers State University
Cook College
Blake Hall
P.O. Box 231
New Brunswick, N.J.
08903 U.S.A.

R.A. Cline
Research Scientist
Hort. Institute of Ontario
Vineland Station
Ontario
LOR 2E0

Raymond L. Granger
Agriculture Canada
C.P. 457
Saint-Jean
J2B 6Z8

Jules Janick
Department of Horticulture
Purdue University
West Lafayette
Indiana U.S.A.

Professeur J.M. Lespinasse
Institut National de la
Recherche Agronomique
Station d'Arboriculture
fruitière
La Grande Ferrade
33140 Pont-de-la-Maye
France

Rodolphe Omer Paradis
Agriculture Canada
C.P. 457
Saint-Jean
J2B 6Z8

Gilles Rousselle
Agriculture Canada
C.P. 457
Saint-Jean
J2B 6Z8

Ir. S.J. Wertheim
Proefstation voor de Fruitteelt
4475 AN
WILHELMINADORP
Goes
Nederland

Liste des publications
de la série Colloques scientifiques

- N° 1 Floriculture
- N° 2 Foresterie
- N° 3 Cactacées et plantes grasses - Parution en juin 1981
- N° 4 Pelouses - Parution en juin 1981
- N° 5 Annuelles - Parution en juin 1981
- N° 6 Protection des végétaux - Parution en juin 1981
- N° 7 Roses - Parution en juillet 1981
- N° 8 Iris et Pivoines - Parution en juillet 1981
- N° 9 Plantes d'appartemett - Parution en juillet 1981
- N° 10 Ericacées - Parution en juillet 1981
- N° 11 Orchidées - Parution en août 1981
- N° 12 Vivaces - Parution en août 1981
- N° 13 Aménagement paysager - Parution en août 1981
- N° 14 Arbres et arbustes - Parution en septembre 1981
- N° 15 Perspectives de l'horticulture, arbres fruitiers
et petits fruits - Parution en septembre 1981
- N° 16 Perspectives de l'horticulture, cultures abritées
Parution en septembre 1981
- N° 17 Bulbes et tubercules - Parution en septembre 1981
- N° 18 Gesnériacées - Parution en septembre 1981
- N° 19 Art floral Ikebana - Parution en septembre 1981

En vente à l'adresse suivante:

L'Editeur officiel du Québec
1283, boulevard Charest ouest
Québec G1N 2C9

Achevé d'imprimer à
Québec en novembre 1981, sur
les presses du Service des impressions en régie
du Ministère des Communications
du Québec